

POROVNÁNÍ ANALYTICKÝCH A TECHNOLOGICKÝCH HODNOT RŮZNÝCH METOD FILTRACE PIVA

Bc. Jan Vasil

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan VASIL**
Osobní číslo: **T09675**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Porovnání analytických a technologických hodnot různých metod filtrace**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Technologie výroby sladu.
2. Suroviny pro výrobu piva.
3. Technologie výroby piva.
4. Filtrace piva.

II. Praktická část

1. Počítání kvasničných buněk ve spilce a v ležáckém sklepě.
2. Měření zákalů.
3. Stanovení analytických znaků piva od spilky až po filtraci.
4. Shrnutí a závěr.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] BASAŘOVÁ, G., ŠAVEL, J., BASAŘ, P., LEJSEK, T. Pivovarství, VŠCHT, Praha 2010.
- [2] KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. a kol. autorů. Technologie výroby sladu a piva, VÚPS, a.s., Praha 2000.
- [3] BASAŘOVÁ, G., ČEPIČKA, J. Sladařství a pivovarství, SNTL, Praha 1986.
- [4] KAHLER, M., VOBORSKÝ, J. Filtrace piva, SNTL, Praha 1981.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jitka Gálová, Ph.D.**
Bzenec

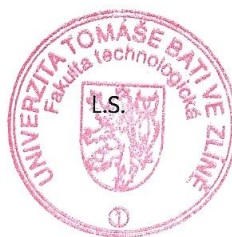
Datum zadání diplomové práce: **25. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **20. května 2011**

Ve Zlíně dne 21. března 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.



Ve Zlíně 15. 5. 2011

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá praktickým porovnáním analytických a technologických hodnot různých metod filtrace piva. Jednotlivé druhy piva byly analyticky sledované od hlavního kvašení ve spilce, dozrávání v ležáckém sklepě až po finální výrobek ošetřený z hlediska mikrobiologické a koloidní trvanlivosti filtrací. Vedle sebe jsou zde porovnány zjištěné hodnoty u primární, sekundární křemelinové filtrace a MMS (Multi Micro Systém) filtrace.

Klíčová slova: kvasinky, zákal, pivo, filtrace piva, křemelina, fyzikálně-chemické znaky piva, technologická data filtrace.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the practical and analytical comparison of the values of various technological methods beer filtration. The different types of beer from the analytically observed in the fermentation room of fermentation, maturation in the lager cellar to the finished product is treated in terms of microbiological and colloidal filtration durability. Side by side are compared with the values of primary, secondary diatomite filtration and MMS (Multi Micro System) filtration.

Keywords: yeast, haze, beer, beer filtration, diatomaceous earth, physical-chemical characteristics of beer filtration process data.

Za odborné vedení, cenné rady a podnětné připomínky, bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Gálové Jitce, Ph.D.

Dále chci poděkovat pivovaru Janáček, a.s. za možnost zpracování praktické části. Děkuji panu Braunerovi za poskytnutí jeho vlastních materiálů zabývajících se filtrací piva. V neposlední řadě patří také můj velký dík rodině za podporu, kterou mi během studia poskytovali.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VÝROBY SLADU	12
1.1 JEČMEN	12
1.1.1 Chemické složení obilky	12
2 VÝROBA SLADU	16
2.1.1 Máčení.....	16
2.1.2 Klíčení	16
2.1.3 Hvozďení	18
2.1.4 Odkličování sladu.....	19
3 SUROVINY PRO VÝROBU PIVA	20
3.1 SLAD	20
3.1.1 Druhy sladů	20
3.2 VODA	20
3.2.1 Tvrdost vody	20
3.2.2 Význam některých vybraných iontů a jiných složek vody	22
3.3 CHMEL	23
3.4 PIVOVARSKÉ KVASINKY	24
4 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA	27
4.1 VARNÍ PROCES.....	27
4.1.1 Šrotování sladu.....	27
4.1.2 Vystírání a rmutování	27
4.1.3 Scezování a vyslazování.....	29
4.1.4 Chmelovar	29
4.1.5 Chlazení mladiny.....	30
4.2 HLAVNÍ KVAŠENÍ VE SPILCE	31
4.3 DOKVAŠOVÁNÍ PIVA V LEŽÁCKÉM SKLEPĚ	33
4.4 FILTRACE PIVA	35
4.5 STÁČENÍ PIVA DO TRANSPORTNÍCH OBALŮ	36
5 FILTRACE PIVA	37
5.1 TEORIE FILTRACE PIVA	37
5.2 FILTRAČNÍ MATERIÁLY	41
5.3 TYPY FILTRŮ	45
5.4 SANITACE.....	49
II PRAKTICKÁ ČÁST	51
6 POPIS PROVEDENÝCH EXPERIMENTŮ	52

6.1	LABORATORNÍ ANALÝZA	52
6.1.1	Počítání buněk mikroorganismů	52
6.1.2	Stanovení zákalu	54
6.1.3	Koloidní stabilita piva	57
6.1.4	Analytický rozbor piva	59
6.1.5	Měření obsahu CO ₂ v pivu	61
6.2	VÝSLEDKY A DISKUZE	62
6.2.1	Porovnání dat fyzikálně-chemické analýzy	62
6.2.2	Technologická data průběhu jednotlivých filtrací	67
6.2.3	Porovnání technologických dat	72
6.2.4	Diskuze k naměřeným výsledkům	82
ZÁVĚR		84
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		85
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		89
SEZNAM OBRÁZKŮ		90
SEZNAM TABULEK		92
SEZNAM PŘÍLOH		94

ÚVOD

Pivem se rozumí slabě alkoholický nápoj vyráběný z obilného sladu, vody a chmele. Z těchto tří základních složek se pivo vyrábí působením mikroorganismů, pivovarských kvasinek. Mezi základní znaky tohoto nápoje patří zlatavá barva, v chuti charakteristická hořkost, říz neboli perlivost, po nalití do sklenice tvorba kompaktní pěny [1].

Ještě v nedávné minulosti se většina vyrobeného sudového i lahvového piva vypila v hospodách, restauracích a hotelech a domácnostech nejbližšího okolí jednotlivých pivovarů, to je už dávno minulostí. Na obchodních odděleních jednotlivých pivovarů dnes pracují obchodní zástupci většinou ve všech regionech, budují v regionech distribuční střediska a tak je možno sudovým i lahvovým pivem jednotlivých pivovarů možno zásobovat každé místo naší republiky. Navíc u lahvového piva je zásobování zajištěno díky poměrně husté síti super a hypermarketů. S takto rozvinutým obchodem přímo souvisí otázka trvanlivosti piva, na kterou jsou ze strany odběratelů piva kladeny velké požadavky. Dnes obchodníci požadují, aby mělo pivo trvanlivost a udrželo si po dlouhou dobu od stočení svoji jakost. Konzument požaduje, aby pivo mělo: jiskrnost a čirost, hutnou pěnu, dobrý říz, mělo pro daný typ charakteristickou chuť, vůni a hořkost.

Po ukončení dokvašování, dozrávání v ležáckém sklepě a stočení do transportních obalů by se pivo po velmi krátké době zkazilo a nebylo by pitelné. Důvodů je hned několik: pivo obsahuje kontaminující mikroorganismy, které se při vyšších teplotách mohou poměrně rychle pomnožit, následné produkty metabolismu těchto mikroorganismů jsou původcem vážných chuťových změn; koloidní látky v pivu se vysrážejí a vytváří sedliny a zákaly; neupravované pivo se tak časem mění chuťově k horšímu. Výrobce - pivovar proto musí po celou dobu záruky garantovat trvanlivost piva, a to: koloidní, biologickou (mikrobiologickou) i chuťovou.

Po skončení chmelovaru, na varně, je uvařená tzv. mladina sterilní. Následnou operací, kdy se mladina zespílá (ochladí), může dojít k rychlému pomnožení piva škodlivých mikroorganismů.

V pivovarském provozu je proto základní zásadou vedle dodržování technologických postupů výroby, velmi důležité dodržování čistoty v celém pivovarském provozu, od ukončeného chmelovaru až po naplnění do spotřebitelského obalu. Sanitace musí proběhnout nejen uvnitř technologických celků, ale i na povrchu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VÝROBY SLADU

V českých zemích se dnes slad pro výrobu piva vyrábí především z ječmene ve sladovnách. Jeho kvalita ovlivňuje proces technologie výroby piva a má velký význam i v docílení požadovaného chemického složení, organoleptických vlastností a koloidní stability tohoto nápoje [2].

1.1 Ječmen

Ječmen patří mezi nejstarší kulturní rostliny. Počátky pěstování ječmene zasahují do období 10 000 let př. n. l., a to do oblasti Babylonie a Egypta [3]. Již 2 000 let př. n. l. se ho používalo v podobě naklíčeného ječmene v Mezopotámii a Egyptě k výrobě kvašených nápojů. O sladu a jeho výrobě se u nás zachovaly zprávy již ze 12. a 13. stol. [4].

Nejlepší podmínky pro pěstování ječmene jsou v mírných pásmech, především ve střední Evropě, v oblastech s nadmořskou výškou 200 až 300 m, kde optimální průměrná roční teplota je 8,5 °C a průměrné roční srážky 500 až 600 mm. V tomto směru jsou vynikající podmínky v oblasti Hané a v pěstebních oblastech ve Francii [3].

Ječmen (rod *Hordeum*) patří do říše rostlin, oddělení semenných (*Spermatophyta*), pododdělení krytosemenných (*Angiospermae*), třídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), čeledi lunicovité (*Poaceae*). Hlavní skupinu sladovnických ječmenů tvoří ječmeny nící (*Hordeum distichum*, var. *nutans*). Podle novějšího taxonomického zařazení se pro dvouřadý nící ječmen používá pojmenování *Hordeum vulgare* var. *nutans* (*Hordeum vulgare* var. *pallidum* pro šestiřadý ječmen) [2].

1.1.1 Chemické složení obilky

Z hlediska chemického složení ječmen obsahuje 80-88 % sušiny a 12-20 % vody. Sušinu tvoří dusíkaté a bezdusíkaté sloučeniny a anorganické látky [3].

Škrob je základní organickou sloučeninou ječmene (60-65 % suš.). Vzniká z nízkomolekulárních cukrů (enzymovou cestou), které se tvoří v procesu asimilace z CO₂ a H₂O za působení slunečního světla a chlorofylu při odlučování kyslíku. Škrob je rezervní polysacharid a zásobárna živin pro klíček v době vývinu. Je to sloučenina bez chuti a zápachu, specifická (měrná) hmotnost 1,63 g/cm³, spalné teplo škrobu (přepočtené na sušinu) je 17 322 kJ/kg, optická otáčivost 201-204°. Škrobová zrna jsou složena ze dvou strukturálně

odlišných sacharidů, a to amylosy a amylopektinu. Amylosa tvoří 17-24 % škrobu. Dlouhé, do spirály stočené řetězce se skládají z 60-200 glukosových zbytků, vázaných 1,4- α -D-glukosidovou vazbou. Jodem se amylosa barví modře. Ve vodě se rozpouští bez vzniku mazu. Působením α - a β -amylasy se štěpí na disacharid maltosu. Amylopektin tvoří 76-83 % škrobu. Na rozdíl od amylosy jsou jeho řetězce složeny z větvených molekul vázaných 1,4- α -D a 1,6- α -D a sporadicky 1,3- α - i dalšími vazbami. Větvení řetězců amylopektinu je přibližně po 15 glukosových jednotkách. Prostorové uspořádání amylopektinu ovlivňuje mazovatění škrobu. Amylopektin obsahuje 0,23 % kyseliny fosforečné, vázané esterovou vazbou, která s prostorovým uspořádáním amylopektinu má významnou roli v mazovatění škrobu. Jodem se barví červeně až červenofialově [3].

Škrobová zrna jsou nejdříve ve studené vodě nerozpustná, bobtnají a mechanicky přijímají vodu. Při zahřívání na 50 °C zesílí bobtnání, asi při 70 °C se rozruší struktura škrobových zrn, z vnitřního obsahu vzniká koloidní roztok a v dalším zmazovává. Ječmeny obsahují 10-14 % neškrobnatých polysacharidů: celulosy, hemicelulosy, pentozanů, gumovitých látek, ligninu. Škrobové disperze, zvláště roztoky amylózy, mají celkově snahu tvořit molekulární asociace prostřednictvím příčných vazeb vodíkových můstků. Tato vlastnost se nazývá retrogradace [3, 35].

Celulosa tvoří 4-7 % ječného zrna. Je obsažena především v pluchách, ve stopách v klíčku, oplodí a osemení. Skládá se z glukosových zbytků, vázaných 1,4- β -glykosidovými vazbami, hlavní stavební jednotkou je disacharid celobiosa, která je bez chuti a zápachu, ve vodě nerozpustná a chemicky i enzymově těžko štěpitelná. Neúčastňuje se metabolismu probíhajícího v znu, v procesu sladování a rmutování se nemění. Při scezování sladiny a vyslazování mláta působí jako kypřící složka filtrační vrstvy [3].

Hemicelulosy se podílejí na stavbě a pevnosti buněčných stěn. Endospermální buněčné stěny ječmene obsahují asi 75 % β -glukanů a 20 % pentosanů. Naopak je tomu v pluše ječmene, která obsahuje z hemicelulos převážně pentozany, méně β -glukany a nepatrné množství glukuronové kyseliny. Vyšší obsah β -glukanů v pivovarských surovinách je ze sladařského a pivovarského hlediska považován za nežádoucí. Jedním z důsledků vysokých hodnot β -glukanů ve sladu je neúplný rozklad buněčné stěny a z toho plynoucí slabá mobilizace škrobu a zásobních proteinů. Další nežádoucí vlastnost β -glukanů je spojena s vytvářením vysoce viskózních vodných roztoků. To může vést k problémům při filtraci v různých fázích vaření piva. Přítomnost nerozložených β -glukanů může také škodlivě

působit na stabilitu piva během skladování (tvorba zákalů, sražení v konečném produktu, tvorba chladových zákalů ve spojení s polyfenolickými sloučeninami, proteiny a ostatními polysacharidy). β -glukan je polysacharid, který je tvořen z glukosových jednotek vázaných vazbami β -1,3 a β -1,4, kde vazba (1 \rightarrow 3)- β -glukosidická je zastoupena asi z 30 %, zbytek tvoří vazba (1 \rightarrow 4)- β -glukosidická. Běžná hodnota β -glukanů v ječném zrně je 4-7 % [2].

Pentosany endospermu se skládají z xylosových jednotek vázaných 1,4- β -vazbami, na kterých jsou postranní xylosové a arabinosové řetězce, u pentosanů v pluchách i glukonové kyseliny [3].

Lignin se vyskytuje v množství asi 2 % jako inkrustační složka celulosy v obalových částech zrna. Jedná se o fenolový polymer vyztužující a zpevňující buněčné stěny rostlinných buněk [2].

Gumovité látky jsou hemicelulosy rozpustné ve vodě s vysokou viskozitou. Sestávají se z β -glukanů a pentosanů. Rozpouštějí se ve vodě za tvorby koloidních roztoků. Podíl hemicelulos a gumovitých látek je běžně asi 2 % [3].

Lipidy jsou tuky rozpustné v etheru a jsou zastoupeny v zrně pouze 2 až 3 %. Jsou obsaženy především v aleuronové vrstvě, v pluchách a asi jedna třetina z celého množství je v klíčku. Lipidy jsou složeny hlavně z triglyceridů. Při sladování se částečně spotřebují v rámci látkové výměny při dýchání, převážná část zůstává ve sladovém mlátu. Nepatrný podíl přechází do mladiny při rmutování a může ovlivnit i chuťové vlastnosti a pěnívost piva [2].

Fosfáty ječmene jsou asi z poloviny tvořeny fytinem, který je ester kyseliny fosforečné a inositolu vyskytující se jako vápenato-hořečnatá sůl v pluchách. Fosfátové zbytky a hořečnaté soli mají důležitý fyziologický význam pro klíček. Fosfáty se podílejí na ústojných podmínkách při klíčení, ale i v mladině a pivu [3].

Polyfenoly (tříslovinné látky) se nacházejí zejména v obalových částech zrna a v aleuronové vrstvě. Čím je vyšší obsah bílkovin, tím nižší bývá obsah polyfenolů. K fenolovým sloučeninám patří jednoduché fenolové kyseliny, které jsou v obilce volné i vázané: syringová, vanilinová, felurová. Častěji se vyskytují ve formě glykosidů nebo esterů, např. kyselin chlorogenové, isofelurové, kávové, skořicové apod. Řada z nich funguje jako inhibitory klíčení. Při máčení ječmene se částečně vyluhují [2].

Tanoidy jsou nízkomolekulární a středněmolekulární polyfenolové látky. Obsah tanoidů se obecně dává do vztahu s výší bílkovinných zákalů piva, s intenzitou hořkosti, chuti a plnosti piva [2].

Zvláštní význam má skupina anthokyanogenů z hlediska chuti a koloidní stability piva. Jsou přítomny zejména v aleuronu a jejich nosičem je bílkovina hordein. Při zahřátí se v kyselém prostředí mění na barevné anthokyanidiny. U některých odrůd mohou být přítomny volné sanidiny (ozimé ječmeny) nebo delfinidiny. Tyto aktivní flavan-3-4-dioly mají však příliš malou molekulu na to, aby reagovaly s proteiny. Sloučeniny typu flavandi-olů další polymerací dávají složité polyfenoly, které mají tzv. tříslovinnou sílu, což znamená schopnost vázat vysokomolekulární dusíkaté sloučeniny a vylučovat je z roztoků. Tato schopnost je klíčovou pro tvorbu lomu mladiny a pro tvorbu koloidních zákalů piv. Fenolové sloučeniny, které dodávají sladů antioxidantní schopnost, hrají důležitou úlohu v organoleptické stabilitě piva, a to potlačením oxidačních procesů během výroby a skladování piva. Odstranění těchto sloučenin pro zlepšení koloidní stability může způsobit zhoršení organoleptické stability piva [2].

Dusíkaté látky ječmene jsou důležitými nosiči biologických změn a mají zásadní technologický význam v zpracovatelnosti ječmene na slad, v pomnožení kvasnic při kvašení, v pěnivosti, chuti a stabilitě piva [3]. Optimální pro sladovnický ječmen se pokládá obsah dusíkatých látek vyjádřený jako obsah bílkovin ($N \times 6,25$), v rozmezí 10 až 11,5 % [2].

Tab. 1 Chemické složení obilky

	Obilka
Sacharidy	
škrob [%]	60 – 65
(amylosa 17–24 % škrobu)	
(amylopektin 76–83 % škrobu)	
nízkomolekulární sacharidy	
sacharosa [%]	1 – 2
ostatní cukry [%]	1
rafinosa	0,3 – 0,5
maltosa	0,1
glukosa	0,1
fruktosa	0,1
neškrobnaté polysacharidy	
hemicelulosy:	
β-glukany [%]	3,3 – 4,9
pentosany [%]	9,0
celulosa [%]	4 – 7
Tuky [%]	3,5
Fosfáty	
fytin [%]	0,9
Polyfenoly [%]	0,1 – 0,6
Dusíkaté látky [%]	9,5 – 11,9 (7 – 18)
rozpuštěné dusíkaté látky [%]	1,9
albuminy a globuliny	3,5
hordeiny (prolaminy)	3 – 4
gluteliny	3 – 4
Minerální látky [%]	2

2 VÝROBA SLADU

Základem sladování je přeměnit ječmen na slad bohatý na enzymy a extrakt, a to za minimálních ztrát. Z hlediska technologie dělíme proces výroby sladu na:

1. máčení
2. klíčení
3. hvozdění [2].

2.1.1 Máčení

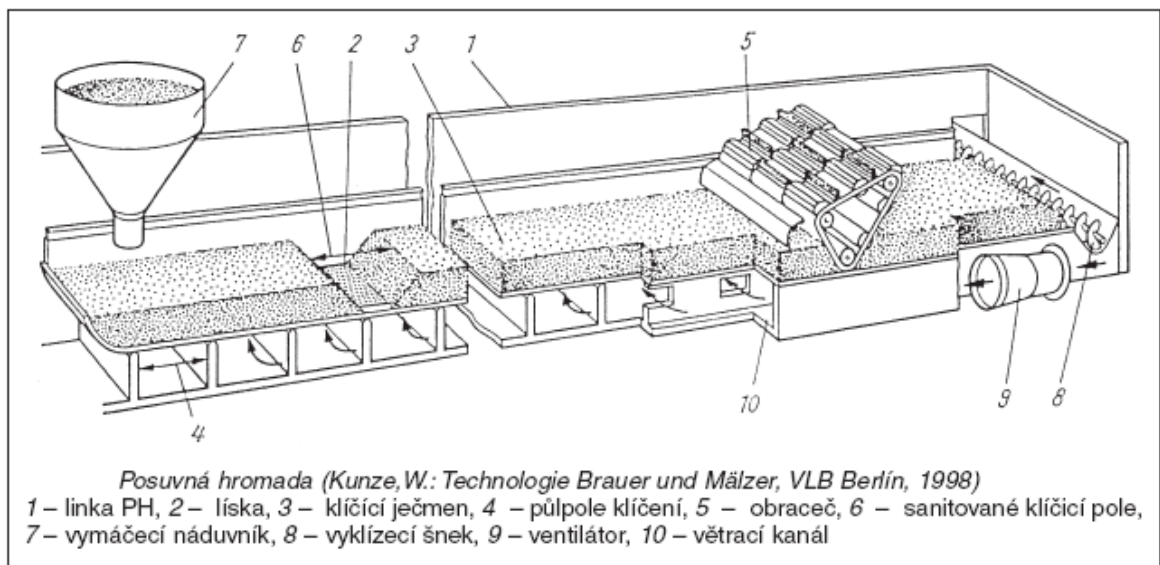
Cílem máčení je zvýšit řízeným způsobem obsah vody v zrně pro zahájení enzymatických reakcí a pro klíčení zrna, při únosné spotřebě odstranit splavky a lehké nečistoty, umýt zrna a ze zrna vyloužit nežádoucí látky. Máčení dnes považujeme za nejdůležitější úsek výroby sladu, který rozhoduje o jeho budoucí kvalitě. Technologicky velmi významným efektem je vyprání ječmene, neboť se z něj vylouží barevné a hořké látky, kyselina křemičitá a bílkoviny z pluch. Tyto látky jsou nežádoucí, neboť zhoršují sensorické vlastnosti piva a podporují tvorbu zákalu v pivu.

K máčení ječmene se používají nádoby, tzv. náduvníky. Rozeznáváme kónické, ploché náduvníky, Wildův náduvník. Jsou umístěny v máčírňě, která je dobře větratelná, chladná (opt. 12 °C pro běžné postupy) v blízkosti zařízení pro klíčení ječmene. Součástí moderních sladoven může být i pračka ječmene [2, 3].

2.1.2 Klíčení

Základem sladařského klíčení je aktivace enzymového systému zrna, syntéza dalších enzymů, docílení požadovaného rozluštění podle typu vyráběného sladu při omezené vegetaci. Klíčení je fyziologický proces, při kterém se v zárodečné části zrna vyvíjejí zárodky kořínků a listů za využití zásobních látek z endospermu. K optimálnímu průběhu klíčení potřebuje zrna dostatečné množství vody (44 až 48 %), optimální teplotu (14 až 18°C) a dostatečný přísun kyslíku. Změnou těchto faktorů se dají regulovat biologické pochody při klíčení v určitých hranicích [3].

Sladovací zařízení lze rozdělit na klasická a moderní. Do klasických sladoven řadíme humna, moderní systémy, pneumatické: rozdělujeme na bubnová, skříňová, věžová [2].



Obr. 1 Posuvná hromada



Obr. 2 Kruhové klíčidlo

2.1.3 Hvozdění

Hvozdění je závěrečnou fází výroby sladu. Zelený slad je na hvozdě nejprve před-sušen při teplotách do 60 °C, následně pak vyhřát a dotažen při teplotách od 80 do 105 °C. Cílem hvozdění je snížit obsah vody na 3 až 4 % u světlých sladů a 1,5 až 2 % u tmavých, zastavit vegetační pochody, redukovat část enzymové aktivity, vytvořit chuťové, barevné a oxidoredukční látky, které jsou charakteristické pro jednotlivé druhy sladu a pív.

Během hvozdění dochází k fyzikálním změnám zrna:

- snížení obsahu vody,
- zvětšení objemu v důsledku odstranění vody z prostorů, které vznikly při rozluštění zrna,
- změny objemové hmotnosti a hmotnosti 1000 zrn,
- změny povahy endospermu - u dobře rozluštěných a technologicky správně hvozděných sladů je endosperm křehký, u špatně rozluštěných je tvrdý, sklovitý,
- zvýšení barvy.

Při chemické fázi hvozdění (teploty nad 60 °C) se zastavují enzymové reakce v zrně. Dochází k inaktivaci enzymů, ať již v důsledku úbytku vody v zrně nebo vnějším teplotním zásahem. Ztráta aktivity enzymů je tím větší, čím více zrno obsahuje vody při vysokých teplotách v důsledku nesprávného průběhu hvozdění.

K nejdůležitějším reakcím při hvozdění patří tvorba barevných a aromatických látek, které určují charakter sladu. Barevné a aromatické látky obsahující dusík - melanoidiny jsou sloučeniny vznikající při dotahování sladu při tzv. Maillardových reakcích. Mají sladovou aromatickou chuť a vůni, reagují kyselé a mají oxidačně - redukční vlastnosti. Barevné a aromatické látky bezdusíkaté vznikají karamelizací cukerných roztoků při termickém štěpení cukrů. Dále vznikají enzymovou oxidací polyfenolů a reduktonů tzv. melani-ny.

Hvozdění probíhá na jednolískových, dvoulískových, třílískových, skříňových, kruhových nebo kontinuálních hvozdech [2, 3].

2.1.4 Odkličování sladu

Na hvozďení navazuje odkličování sladu, kdy se slad zbaví kořínků, poškozených zrn a prachu, současně se dochladí a poté se uskladní do sladových sil nebo na půdy [2].



Obr. 3 Sladovna Kroměříž

3 SUROVINY PRO VÝROBU PIVA

3.1 Slad

Slad je za specifických podmínek naklíčená a usušená obilovina [1].

3.1.1 Druhy sladů

- Převážnou část výroby sladu tvoří světlé slady, v České republice slad světlý plzeňského typu, který je studeně vedený s mírným rozluštěním a kratším vývinem stříelky.
- Vídeňské slady jsou přechodným typem mezi světlým a tmavým sladem.
- Slady dortmundského typu, určené pro výrobu světlých piv z tvrdé dortmundské vody. Hodí pro piva vysoko prokvašená, s vyšší stupňovitostí.
- Tmavé slady mnichovského typu se od světlých sladů odlišují barvou, charakteristickou vůní (arómatem) a též chuťovými vlastnostmi.
- Speciální slady, mezi něž patří karamelové slady, melanoidový, barvicí, diastatický, proteolytický slad, rH - slad. Přídavek rH - sladu se příznivě projevuje ve fyzikálně - chemické trvanlivosti a v chuti hlavně pasterovaného piva [4].

3.2 Voda

Voda používaná pro výrobu piva má velký vliv na běžnou kvalitu i charakteristické vlastnosti určité značky piva, je jednou ze základních surovin. Tvoří 85 až 95 hmotnostních dílů piva [2, 5]. Kromě toho voda slouží ve sladovnách a v pivovarech jako nepostradatelný mycí a chladicí prostředek. Na tzv. máčecí vodu ve sladovnách a především varní vodu, ze které se v pivovare připravuje mladina, jsou požadavky jako na vodu pitnou [5].

3.2.1 Tvrdost vody

Obsah rozpuštěných solí je důležité v praxi využívané kritérium pro posouzení vhodnosti vody k určitým technologickým aplikacím. Ve vodách tvoří zpravidla převažující podíl soli vápníku a hořčíku. Pro „tvrdost vody“ se v různých zemích používaly rozdílně

definované jednotky [Pittner 1999]. Vzájemné relace mezi různými staršími způsoby hodnocení vody a převod na současně platné vyjádření jsou uvedeny v Tab. 2 [1].

Tab. 2 *Vztahy mezi různými způsoby vyjádření celkové „tvrdosti vody“*

	Německý stupeň [°D]	Francouzský stupeň [°F]	Anglický stupeň [°UK]	Americký stupeň [°USA]	mmol l ⁻¹
Odpovídá	10 mg l ⁻¹ CaO 14,3 mg l ⁻¹ CaCO ₃	14,3 mg l ⁻¹ CaCO ₃	1 grain/gallon CaCO ₃ *)	1 mg l ⁻¹ CaCO ₃	
1 °D	1	1,787	1,250	17,870	0,179
1 °F	0,560	1	0,700	10,000	0,100
1 °UK	0,800	1,438	1	14,380	0,143
1 °USA	0,056	0,100	0,070	1	0,040
1 mmol l ⁻¹	5,600	10,000	7,000	100,000	1

*) 1 grain = 0,065 g, gallon = 4,544 l

V Tab. 3 se podle hodnoty „celkové tvrdosti“ rozeznává [Krüger a Anger 1990] (pro kontrolu jsou zde uvedeny i starší, dnes již nepřijatelné jednotky, °D) [1, 2].

Tab. 3 *Tvrdość vody*

	mmol l ⁻¹	°D
Měkká voda	do 1,3	do 7
Středně tvrdá voda	1,3 - 2,5	7 - 14
Tvrdá voda	2,5 - 3,8	14 - 21,3
Velmi tvrdá voda	nad 3,8	nad 21,3

3.2.2 Význam některých vybraných iontů a jiných složek vody

Vodíkové ionty H^+ a hydroxidové ionty OH^- jsou přítomné v každé vodě a na jejich poměru závisí aktuální hodnota pH.

Vápenaté ionty Ca^+ mohou být ve vodě obsaženy ve vysokých koncentracích (až 200 mg l^{-1}). Přidávání chloridu či uhličitanu vápenatého tlumí přibarvování rmutů, vyluhování barevných látek, polyfenolů a kyseliny křemičité při vyslazování, a tím se snižuje nebezpečí nadměrného přibarvování mladiny.

Železo ve formě iontů Fe^{2+} a Fe^{3+} se vyskytuje v přírodních vodách v malých koncentracích. Dvojmocné ionty se snadno oxidují na trojmocné a vylučují se z roztoku. Vysoký obsah železa ve vodě (nad $0,2 \text{ mg l}^{-1}$) zhoršuje kvalitu sladu, který má pak tmavší barvu, zpomaluje zcukření rmutů a způsobuje i přibarvení rmutů, mladiny a pěny piva (ale zlepšuje její trvanlivost), snižuje plnost chuti a charakter hořkosti. Železnaté ionty se z velké části vyloučí v mlátu a kalech, ale vzhledem k jejich účasti v tvorbě nebiologických zákalů a výše uvedeným negativním technologickým vlivům je třeba vyšší hladiny železnatých iontů ve varných vodách korigovat [1].

Mangan Mn^{2+} je velmi významný pro aktivitu některých enzymů, zejména při štěpení bílkovin. Příliš vysoký obsah tohoto prvku však může mít nepříznivý vliv na hotové pivo, zejména na přibarvení pěny, tvorbu zákalu, hrubou příchut' piva [2].

Ionty hliníku Al^{3+} , olova Pb^{2+} , zinku Zn^{2+} , mědi Cu^{2+} , cínu Sn^{2+} pocházejí zpravidla z kovových materiálů, nádob a zařízení, hlavně zahříváných povrchů a z chmelových herbicidů. Ve vyšších koncentracích jsou toxické pro kvasinky a inhibují činnost amylas a ostatních enzymů přispívají k tvorbě koloidních zákalů [3].

Chloridové ionty Cl^- podporují působení sladových amylas, peptidas v zásadě neovlivňují. Mohou také inhibovat flokulaci kvasnic. Chloridy hořečnaté nemají tak negativní účinek jako sírany hořečnaté. V koncentracích od 100 mg l^{-1} způsobují korozi oceli. NaCl zvyšuje plnost chuti piva, ale v koncentracích nad 400 mg l^{-1} již působí slanou a drsnou chuť. Kromě toho od těchto koncentrací zpomaluje kvašení a zhoršuje číření piva [1].

Křemičitany sodné a hořečnaté se vyskytují ve vodách v koncentracích do 30 mg l^{-1} s výjimkou vulkanických oblastí, kde mohou být koncentrace vyšší. Při koncentracích křemičitanu sodného (Na_2SiO_3) nad 40 mg l^{-1} se zpomaluje kvašení a v pivě se tvoří zákal [1].

3.3 Chmel

Chmel (Obr. 4) byl znám jako planě rostoucí rostlina již ve starověku. Za latinský název chmele vděčíme už Římanům. Oni totiž divoce rostoucí chmel pojmenovali *Lupus salictarus*, což doslova znamená „vlk mezi vrbami“. Jako kulturní rostlina se pěstuje asi od počátku našeho letopočtu. Z původního latinského názvu se později vyvinula současná verze *Humulus lupulus*. Patří k základním surovinám pro výrobu piva, poskytuje tomuto nápoji typickou hořkou chuť, současně přispívá k tvorbě charakteristického aroma. Složky chmele působí jako srážecí činidlo při vylučování vysokomolekulárních dusíkatých látek mladiny, ovlivňují pěnovitost a mají také baktericidní a konzervační účinek, čímž přispívají nenahraditelným způsobem k vytváření chemických i sensorických vlastností piva [3, 5, 6].



Obr. 4 *Chmel otáčivý*

Používání chmelových výrobků v současném pivovarství dosahuje vysokého stupně. Obvykle převažuje snaha používat produkty, které se svým chemickým složením a celkovým charakterem přibližují přírodnímu chmelu. Důležitým faktorem jsou však cenové relace a splnění požadavků pivovarských technologů. K těm patří především standardní a pokud možno vysoký obsah hořkých látek ve formě α - hořkých kyselin, obsah aromatických látek, dlouhodobá stabilita chemického složení, nízké znečištění cizorodými látkami, homogenita a manipulovatelnost [2].

3.4 Pivovarské kvasinky

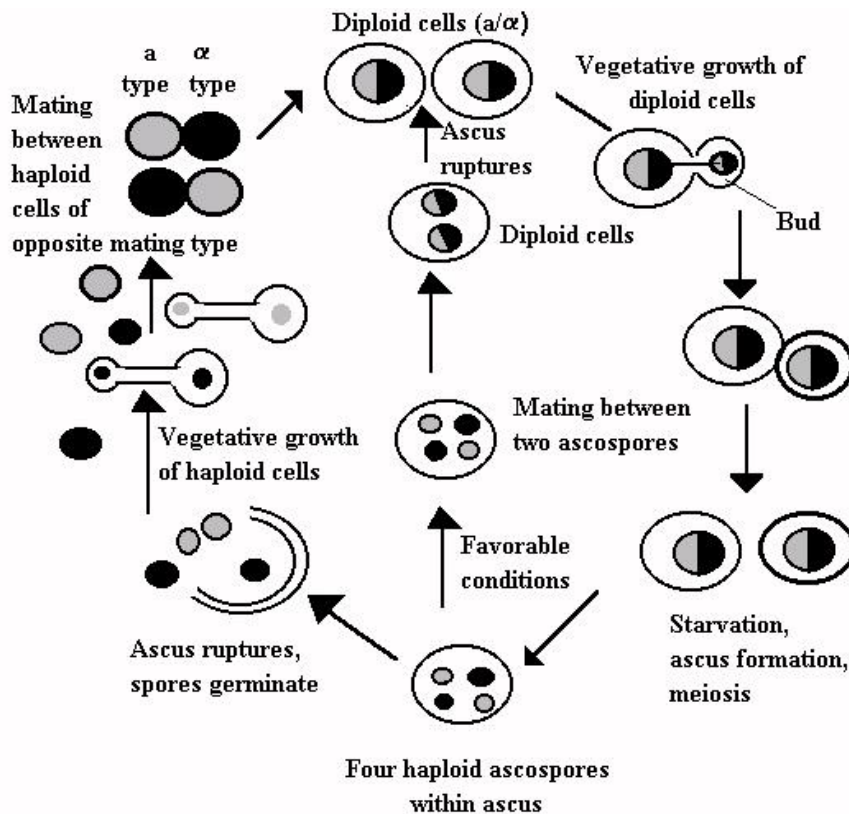
Historie pivovarské výroby byla až do vynálezu chlazení v polovině 19. stol. výhradně spojena s kvasinkami svrchního kvašení. V současnosti jsou používány oba základní druhy a poskytují odlišné typy piva. Svrchní kvasinky slouží hlavně pro výrobu piva typu „ale“, „porter“, „stout“ a spodní pro piva plzeňského typu [2].

Pivovarské kvasinky jsou jako všechny kvasinky jednobuněčné houby (*Fungi*) bez chlorofylu, které zařazujeme do třídy vřeckatých (*Ascomycetes*), čeledi *Saccharomycetaceae* (*Endomycetaceae*), rodu *Saccharomyces* (Obr. 5) [7].



Obr. 5 *Saccharomyces cerevisiae*

Kvasničné buňky se rozmnožují vegetativně multilaterálním pučením a mohou tvořit i pseudomycelium, které se za běžných provozních podmínek nevyskytuje. Buňky spodních pivovarských kvasinek se rozmnožují téměř výhradně pučením, pohlavní rozmnožování sporulací je možné spíše u svrchních pivovarských kvasinek. Přesto lze u spodních kvasinek sporulaci vyvolat a kvasničné buňky se mohou nacházet v haploidních i diploidních formách (Obr. 6). Po oddělení dceřinné buňky zůstává v místě jejího vzniku mateřská jizva, na oddělené buňce jizva dceřinná, Podle počtu jizev lze zjistit individuální stáří buňky, a proto se kvasničné buňky používají při studiu mechanismu stárnutí [1, 8].



Obr. 6 Životní cyklus kvasinek [49]

Metabolismus kvasinek - látková výměna je z pivovarského hlediska hlavně přeměnou zkvasitelných cukrů na alkohol a oxid uhličitý za účasti řady enzymů a koenzymů. Metabolismus kvasinek souvisí s mnoha dalšími složkami mladiny a vzniká při tom široké spektrum vedlejších produktů, které ovlivňují charakter hotového piva.

Při nepříznivých podmínkách, obzvláště při dokvašování piva v ležáckém sklepe nebo také při skladování kvasnic může docházet k autolýze kvasnic, kdy kvasničné enzymy rozpouštějí uhlovodíky a dusíkaté látky buňky. Tím dochází ke vzniku kvasničné vůně a chuti piva [2].

Zabezpečení jakosti začíná u propagace kvasinek. Stabilní kvalita piva závisí na mnoha faktorech. Pivovarské kvasnice jsou důležitou složkou, která kromě základních surovin, tj. vody, sladu a chmele, přispívá k výrobě vysoce kvalitního piva. Ve výzkumném centru Weihenstephan pro kvalitu piva a potravin Technické univerzity v Mnichově byl vytvořen komplexní systém zabezpečování jakosti propagovaných kulturních kvasinek. Ve

stati je popsána technologie propagace kvasnic ve Weihenstephanu a metodika sledování jakosti propagovaných kultur. Výskyt cizích mikroorganismů, kvasinek a bakterií je sledován klasickými mikroskopickými i PCR metodami, hodnocena je viabilita [9].

V posledních deseti letech došlo k značnému rozvoji metod umožňujících kontrolovat a monitorovat změny kvasničných buněk během technologického procesu, jejich metabolické, růstové a další projevy. Mezi fyziologické testy např. patří:

- specifická rychlost spotřeby kyslíku: měření rychlosti spotřeby kyslíku definovaným množstvím kvasnic za definovaných podmínek,
- acidifikační test: měření poklesu pH v destilované vodě o definovaném pH po přidavku promyté a odstředěné kvasničné pasty před přidavkem glukózy a po něm,
- rychlost tvorby oxidu uhličitého: měření rychlosti tvorby oxidu uhličitého za definovaných podmínek,
- test uvolňování hořčíku: měření změn kvasnicemi uvolňovaného hořčíku po zakvašení,
- deflokulační test: měření rychlosti rozptylu odstředěných kvasnic do roztoku čiré 12% mladiny nad sedlinou,
- redukce trifenylnitrotetrazoliových solí kvasnicemi: měření redukce trifenylnitrotetrazoliových solí stanovuje současně aktivitu i koncentraci buněk na základě měření aktivity D-glyceraldehyd-3-fosfát: NAD oxidoreduktázy
- redukce karbonylových látek: měření rychlosti redukce furan-2-karbaldehydu (furfuralu) ve standardním roztoku [1].

4 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA

4.1 Varní proces

Cílem varního zpracování je převést za pomoci enzymů extraktivní látky sladu do roztoku, získaný extraktivní roztok sladiny oddělit s minimálními ztrátami od nerozpustných zbytků, tj. od mláta, a povařením sladiny s chmelem produkt ohořčit a tepelně stabilizovat. Získaná mladina je po odloučení kalů a ochlazení připravena pro kvasný proces [2].

4.1.1 Šrotování sladu

Účelem šrotování je dokonalé vymletí endospermu sladu na vhodné podíly jemných a hrubších částic při zachování celistvosti obalových částí zrna.

Mletí sladu je mechanický proces, který má rozdrčením zrna zpřístupnit endosperm pro fyzikálně-chemické a enzymové děje ve varně a zachovat celistvost pluch, které slouží jako přirozená filtrační vrstva při scezování. Na kvalitě sladového šrotu závisí průběh varního procesu, výtěžek extraktu zpracovaných surovin, kvalita mladiny a piva [3].

4.1.2 Vystírání a rmutování

Vystírkou se zahajuje vlastní varní proces. Na způsobu, jakým byla vystírka provedena, závisí další technologický postup a enzymová činnost [4]. Vystírání v praxi znamená smíchání sladového šrotu (event. škrobnatých náhražek sladu) s nálevem varní vody [1].

Cílem rmutování je rozštěpení a převedení optimálního podílu extraktu surovin do roztoku. Rmutování zahrnující vystření sladu s vodou je proces, při kterém působí děje mechanické, chemické, fyzikální a především enzymové. Rozhodující je činnost amylytických, proteolytických a kyselinotvorných enzymů, druhotná je působnost biokatalyzátorů štěpících hemicelulózy a gumovité látky [3].

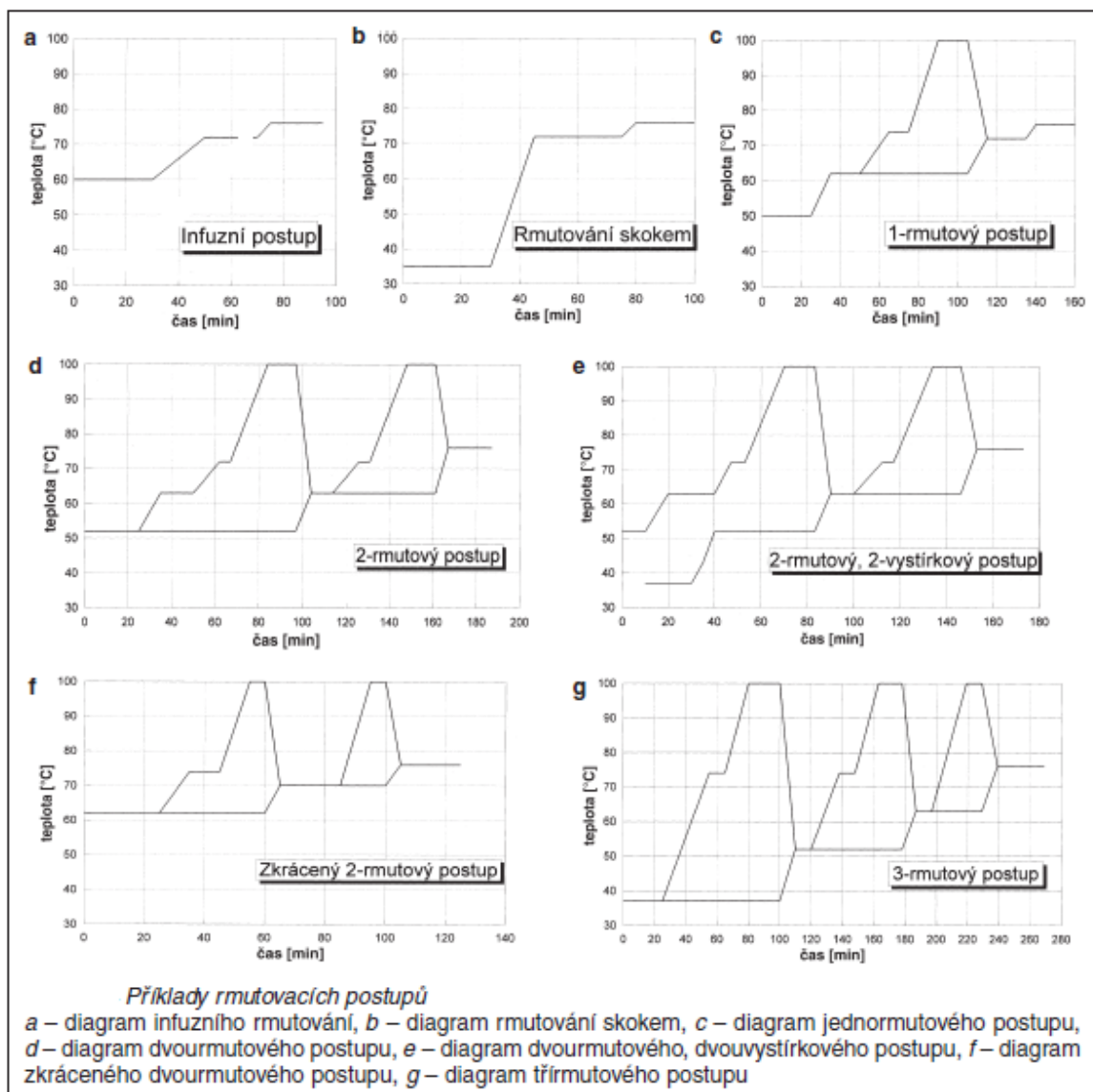
Základní rmutovací teploty:

- 37 °C - teplota vystírací - kyselinotvorná,
- 52 °C - teplota peptonizační - štěpení bílkovin,
- 62-65 °C - teplota nižší cukrotvorná - působí enzym β -amyláza,
- 72-75 °C - teplota vyšší cukrotvorná - působí enzym α -amyláza,

- 75-78 °C - teplota odmutovací [10].

Při zpracování varních surovin standardní kvality způsob rmutování rozhodující měrou ovlivňuje složení mladiny, která je dále určující pro požadovaný chuťový profil a typ piva (Obr. 7). Naopak při výkyvu v kvalitě surovin lze vhodnou úpravou rmutovacího procesu alespoň částečně korigovat negativní dopady [2].

Štěpení dusíkatých sloučenin musí být zajištěno v určitých hranicích, protože výše-molekulární dusíkaté látky jsou důležité pro pěnivost, plnost a fixaci oxidu uhličitého v pivu. Naopak nadměrná jejich koncentrace má negativní vliv na koloidní stabilitu piva [3].



Obr. 7 Příklady rmutovacích postupů

Hodnota pH má výrazný vliv na množství zákalu tvořeného v obou modelových systémech a piva ze stejného množství zákalotvorných proteinů (haze-active HA proteins) zákalotvorných polyfenolů (haze-active HA polyphenols). Největší intenzita zákalu je patrná mírně nad pH 4 a liší se mírně s obsahem alkoholu. Tato hodnota pH podporuje odstranění HA materiálu během zrání, což vede k lepší koloidní stabilitě piva. Méně zákalu se tvoří při pH vyšší i nižší, než je 4. Faktory, které ovlivňují pH piva, tzn. slad, surogáty, okyselení rmutu apod., mají vliv na koloidní stabilitu. Čiření pomocí HA proteinů (želatina nebo vyzina) nebo HA polyfenolů (např. kyselina tříslová - tanin) je podobně ovlivněno hodnotou pH, nejvíce u pH 4,3 [11].

4.1.3 Scezování a vyslazování

Odrmutované dílo lze popsat jako hustou suspenzi mláta ve vodném roztoku extraktivních látek, tj. ve sladince. Obě tyto složky je třeba při scezování co nejdokonaleji rozdělit [2]. Při stahování předku a vyslazování mláta dobíhá zcukření díla. Proto teplota vyslazovací vody nemá překročit 80 °C a má se pohybovat v rozmezí 75-78 °C [3].

V první fázi scezování se s využitím filtrační vrstvy mláta oddělí hlavní podíl v suspenzi zadržené sladiny, tj. předku, ve druhé fázi se mláto promyje horkou vodou. Promytím, v pivovarské terminologii vyslazením, se získá zředěná sladina zvaná výstřelky. Jakmile dosáhne celkový objem a výstřelků požadované hodnoty, scezování se ukončí. Získaný objem sladiny pohromadě se dále zpracuje při chmelovaru [2].

Na rozdíl od rmutování, kde převládají enzymové reakce, je scezování proces fyzikálně - chemický a je časově velmi náročný. Filtrovatelnost sladiny i piva je podle současných poznatků ovlivněna nejen mnoha vysokomolekulárními látkami extraktu sladu (polysacharidy, polyfenoly, minerály), ale i kalíciemi částicemi *bakterií* (*Enterobakter agglomerans*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* aj.) pocházejících ze sladu [1].

4.1.4 Chmelovar

Vařením sladiny s chmelem, nazývaným krátce chmelovar, se získá mladina jakožto meziproduct, který se dále zpracovává na pivo kvašením [4]. Cílem chmelovaru je zkoncentrování mladiny, sterilace, koagulace vysokomolekulárních látek a převod hořkých chmelových látek do roztoku. Při chmelovaru se uplatňují především fyzikální a chemické

děje. Faktory, které ovlivňují kvalitu mladiny, jsou: doba, intenzita chmelovaru, pohyb vařící mladiny, odpar a změny pH [3].

Chmel propůjčuje mladině hořkou chuť, chmelové aroma a podporuje vylučování bílkovin [2]. Z chmelových látek mají při výrobě piva důležitost chmelové pryskyřice neboli hořké látky, chmelové silice a chmelové třísloviny [10].

Koloidní stabilizace piva a zajištění stability ležáckých piv je stále velmi obtížný úkol pro pivovary. Přirozená koloidní stálost se vytváří v celém technologickém procesu. Přídavek stabilizačních přípravků dříve než do finálního produktu je velmi pohodlný způsob jak fyzikálně-chemické stabilizace bez nutnosti zvláštní filtrace, tak eliminace rizika ztrát piva na konci výroby. Z toho důvodu se v dané studii zkoumalo využití stabilizačních prostředků vhodných pro stabilizaci proti běhu pivovarského procesu, konkrétně na konci chmelovaru. Hodnocen byl účinek použitých prostředků ve vztahu ke zvýšení koloidní stability. Pokus se uskutečnil v pivovaru, kde objem várky byl 50 l. Byly zkoumány aplikace PVPP (Polyclar 10, ISP) a aplikace galotaniinů (Beerotan Q, BFTI), dávka 5 a 10 g.h⁻¹, doba kontaktu byla 3, 5 a 6 min. Současně byly odzkoušeny dvě hodnoty pH vystírky, 5,6 a snížení pH na 5,2, a to v kombinaci s uvedenými stabilizátory [12].

Nejnižší množství galotaniinu (chmelovar: 5 g.h⁻¹, doba působení v mladinové pánvi: 3 min.), jsou již dostatečná k získání větší stability vzhledem k dostatečnému odstranění zákalotvorných proteinů. Navíc, přidání 10 g.h⁻¹ PVPP na konci chmelovaru má explicitní vliv na množství polyfenolů, což má za následek zlepšení koloidní stability. Také snížení pH vystírky mělo výsledky v lepších fyzikálně-chemických vlastnostech a senzoričtější stabilitě. Hodnota vystírky na pH 5,2 v kombinaci jak PVPP, tak galotaniinů při chmelovaru se jeví velmi pozitivně z důvodu významného prodloužení koloidní trvanlivosti piva [12].

4.1.5 Chlazení mladiny

Vyrobená mladina ve varně pivovaru (Obr. 8) se musí před zakvašením ochladit na teplotu zákvasnou. Při zchlazení se současně provzdušní a vyloučí se z ní horké neboli hrubé kaly a částečně i jemné neboli chladové kaly. Tyto procesy probíhají od teploty blízké 100 °C na teplotu 5 až 6 °C pro „studené“ hlavní kvašení, na teplotu 10 až 15 °C pro zrychlené kvasné procesy a na 12 až 18 °C pro výrobu svrchně kvašených piv. Chlazení mladiny musí proběhnout za podmínek, které vyloučí biologické znečištění rozvojem mikrobiální infekce [1].

Hrubý kal musí být z mladiny pokud možno úplně oddělen. Jeho vločky zanášejí povrch kvasničných buněk, zhoršují vyčiření a filtrovatelnost piva. Při jeho větším obsahu může stočené pivo vykazovat hrubou hořkost, kalovou chuť a zhoršené pěnotvorné vlastnosti. Zbytkový obsah hrubého kalu by měl být v mladině za vířivou kádí nižší než 100 mg.l^{-1} [2].

Moderní postupy chlazení mladiny se provádí ve vířivých kádích, tzv. whirlpoolech, umístěných ve varnách nebo jejich blízkosti a pomocí výkonných dochlazovačů [3].



Obr. 8 Varna pivovaru

4.2 Hlavní kvašení ve spilce

Průběh hlavního kvašení se upravuje podle typu vyráběného piva a podle požadavků na rychlost kvašení. Při studeném kvašení vystoupí teplota nejvýše na $9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, při teplém

dosahuje 12 až 14 °C. Hlavní kvašení probíhá ve spilce (Obr. 9) a obvykle se řídí podle praktických zkušeností a podle podmínek daných místními poměry [4].

Cílem hlavního kvašení je neúplné zkvašení cukernatých látek extraktu mladiny pivovarskými kvasinkami za tvorby etanolu, CO₂ a vedlejších metabolitů se současným pomnožením kvasničného zákvasu. Existuje mnoho technologických variant a zařízení pro provedení hlavního kvašení a získání tzv. mladého piva [1].

Nejsilnější vliv na průběh a výsledek má zákvasná teplota, dávka várečných kvasnic a nejvyšší teplota, jaké se při kvašení dosáhne, spolu s dobou, po kterou se tato teplota udržuje [4].

Stádia hlavního kvašení:

- Zaprašování - je tvorba pěny, vyvolaná unikajícím CO₂, začíná od stěn během 12 až 24 hodin; mírně klesá hodnota pH a extraktu, mírně stoupá teplota.
- Nízké bílé kroužky - se tvoří 2 až 3 dny v době maximálního vývinu CO₂, klesá hodnota pH a extraktu, stoupá teplota.
- Vysoké hnědé kroužky - trvají přibližně 3 dny. Vysrážené kaly jsou vynášeny na povrch kroužků. Klesá hodnota pH a extraktu, stoupá teplota, musí se začít včas chladit.
- Propadání deky je období maximální aglutinace a sedimentace kvasnic, extrakt se již snižuje pozvolna. Kroužky se propadají, ale tzv. deka se musí včas sebrat, mladé pivo je zralé k sudování do ležáckého sklepa [3].

Před sudováním musí být z povrchu vykvašeného piva sebraná pokrývka, jejíž složky, vysrážené látky, tj. koagulované chmelové pryskyřice, tříslobílkovinné sloučeniny aj. se částečně rozpouštějí, klesnou-li ke dnu, nebo se smísí s pivem, nepříznivě by při dokvašování ovlivnily chuť piva, mají natrpklou příchut' [4, 10].



Obr. 9 *Spilka - hlavní kvašení* [48]

4.3 Dokvašování piva v ležáckém sklepě

Po ukončeném hlavním kvašení není mladé pivo ještě vyčrešené, má nevyrovnanou chuť a obsahuje ještě určité podíly nezksvašených cukrů. Aby dosáhlo chuťové zralosti a bylo dostatečně nasycené CO_2 , musí dokvašovat v uzavřených nádobách za nízké teploty. Dokvašování a zrání piva při tradičním postupu probíhá v ležáckých tancích v podzemních sklepích nebo v izolovaných chlazených budovách (Obr. 10). V moderních postupech ve velkoobjemových izolovaných nádobách (Asahi-tanky, Uni-tanky a CKT) umístěných na volném prostranství nebo tzv. odlehčených budovách [1, 4].

K docílení optimální kvality piva při klasickém způsobu dokvašování a zrání piva je nutné dodržet následující podmínky:

- Pomalý pokles teploty sudovaného piva z cca $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Pozvolné zkvašování zbylého extraktu je v prvních třech dnech dokvašování rychlejší vzhledem k promíchání piva při sudování, mírnému provzdušnění a zvednutí kvasnic. V této době se koncentrace zbylého zksavitelného extraktu, který tvoří asi z 80 % maltóza a 20 % těžko zksavitelná maltotrióza, sníží na polovinu.

- Čiření piva závisí na teplotě, množství kalických součástí v pivě, intenzitě dokvašování, velikosti ležáckých nádob a době dokvašování. Sedimentující kvasinky strhávají určitý podíl vysokomolekulárních polyfenolových a dusíkatých látek. Sudované pivo obsahuje 10 až $15 \cdot 10^6$ kvasničných buněk v 1 ml. Během dokvašování se počet sníží u krupičkovitých kvasnic na 0,5 až $0,2 \cdot 10^6$, u hůře sedimentujících práškovitých kvasnic jich více zůstává ve vznosu a obsah se sníží přibližně na 2 až $1 \cdot 10^6$ buněk v 1 ml. Z vysokomolekulárních dusíkatých látek obsažených v sudovaném pivě se vylouží asi 10 % dusíkatých, 10 až 20 % polyfenolových a 3 až 12 % hořkých chmelových látek. Mění se disperzita koloidů, které se buď vysrážejí a sedimentují nebo se dají lehce odstranit filtrací piva. Čiření má význam pro docílení tzv. přirozené koloidní stability piva. Při nízkých teplotách dokvašování je čiření pomalé, a proto potřebuje pivo určitou dobu zdržení v ležáckém sklepě.
- Zrání chuti a vůně piva zajišťují mechanické a chemické změny probíhající v pivě. Mechanicky se adsorbují vysokomolekulární bílkoviny na sedimentující kvasnice a odstraňuje se tzv. „bílkovinná“ drsná hořkost piva, kvasničná chuť zeleného piva a vytváří se typický buket a chuť zralého piva. Stejně tak se odstraňují i polyfenoly a hořké látky. Promýváním piva CO_2 se snižuje hladina sirných sloučenin. Klesá koncentrace SO_2 , a thiolů, acetaldehydu (o 20 až 70 %), vyšších alkoholů tyrosolu (silně), tryptofolu (málo), propylalkohol však stoupá o 10 až 20 %, ale nepatrně stoupá isobutanol. Estery jsou vedle vyšších alkoholů hlavními složkami běžného buketu, v určitých hranicích s pozitivním vlivem na senzory charakteristiku piva. Během dokvašování a zrání piva jejich koncentrace stoupá až o 100 %. Stoupají i koncentrace mastných kyselin o 20 až 40 % i více při teplém dokvašování, což je nežádoucí. Vicinální diketony, především diacetyl a jeho prekurzory klesají z původního obsahu v mladém pivě $0,3 \text{ mg.l}^{-1}$ na $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ v závislosti na teplotě (vyšší teploty - menší redukce).
- Oxidoredukční potenciál piva se posunuje na stranu redukujících bází. rH piva se snižuje a je zapotřebí všechny další manipulace provádět pod ochranou CO_2 , aby zůstal nízký.
- Sycení CO_2 je závislé na hradicím tlaku a teplotě. CO_2 dává pivu plnost a říz. Čím je nižší teplota a vyšší tlak, tím je v pivu větší sycení a fixace CO_2 . Během prvních

14 dnů dokvašování se nasytí pivo CO_2 (obsah v pivu 0,4 až 0,5 % CO_2 , další doba je zapotřebí pro fyzikální a sorpční fixaci [1, 3]).



Obr. 10 *Ležácký sklep - dokvašování piva* [48]

Obsah kyslíku v hotovém pivu i dalších produktech nápojového průmyslu má značný význam pro koloidní a senzickou stabilitu výrobku. Měření obsahu O_2 v nápoji je v pivovarech jedním z nejdůležitějších faktorů kontroly kvality. Má velký význam v průběhu technologie výroby, od přípravy varní vody až po stanovení celkového obsahu hotového výrobku. Měření kyslíku je nutno provádět s přesnými parametry analýzy na moderních analytických přístrojích. V článku jsou popsány metody měření obsahu O_2 v kapalinách, fyzikální principy a konstrukce selektivních měřících přístrojů, jejich přednosti a nevýhody. V současné době stav techniky umožňuje přesné a spolehlivé měření O_2 v nápojích, zdrojem nepřesných výsledků jsou především chyby při obsluze, které je nutno co nejvíce eliminovat [14].

4.4 Filtrace piva

Filtrace piva je nejúčinnějším způsobem umělého vyčeření piva [4]. Tématem filtrace piva se bude podrobně zabývat následující kapitola 5.

4.5 Stáčení piva do transportních obalů

Stáčení nápojů do přepravních obalů je stále komplikovanější proces, náročný na inženýrské, energetické, stavební, hygienické i společenské podmínky realizace. Přitom u každého druhu nápoje je zapotřebí zajistit optimální podmínky podle jeho fyzikálně-chemických vlastností a především s cílem zachovat jeho kvalitativní vlastnosti. Stáčení piva je náročné, protože nesmí docházet ke ztrátám CO_2 ani dalších těkavých buketních látek a současně se musí zamezit přístupu O_2 , který nepříznivě ovlivňuje jeho senzorigovou a koloidní stabilitu. Stáčení piva probíhá ve stáčírkách lahví (Obr. 11), KEG sudů (Obr. 12), eventuelně ve stáčírkách PET lahví nebo plechovek [1].



Obr. 11 *Lahvovna* [48]



Obr. 12 *Stáčírna KEG sudů* [48]

5 FILTRACE PIVA

Při filtraci dokvašeného piva se mají odstranit kalící látky a má se docílit požadované čirosti a zvýšení biologické a koloidní trvanlivosti. Čirost a vysoká kvalita výrobku jsou základní vlastnosti požadované spotřebiteli při zachování ostatních znaků kvality piva. Filtrace nesmí snižovat pěnivost piva, dodávat do piva O_2 , ionty kovů katalyzující oxidační reakce při skladování, ani další sloučeniny, které by negativně ovlivnily chemické složení a organoleptické vlastnosti piva [1]. Pivo zbavené kvasnic je méně odolné vůči infekcím [22].

K zabezpečení dokonalého zfiltrování piva je třeba znát teoretické vztahy filtračního procesu, techniku filtrace, obsah a vlastnosti látek, jež způsobují zákal. Každé pivo nelze stejně dobře zfiltrovat, protože jeho tzv. filtrovatelnost se mění v závislosti na chemických a fyzikálních vlastnostech některých sloučenin extraktu. Látky, které extrakt tvoří, mohou být amorfni, vločkovité (bílkoviny), gelovité (dextriny, gumovité látky) a krystalické (oxalát vápenatý). Dále se uplatňuje ještě velikost částic, jejich neformovatelnost, stlačitelnost a elektrický náboj. Lehce stlačitelné a deformovatelné částice při průměru větším, než je průměr pórů filtrační vrstvy, vytvářejí na její povrchové ploše těžko propustný film, který ztěžuje průběh filtrace. Množství látek, jež ovlivňují filtrovatelnost, je závislé na složení použitých surovin, na technologickém postupu při přípravě mladiny a při kvasném procesu [16].

5.1 Teorie filtrace piva

Cílem filtrace je upravit pivo před stáčením tak, aby se po dobu několika měsíců nezměnila jeho čirost v transportním obalu, který byl vhodným způsobem skladován. Filtrační proces se definuje jako mechanická operace, při níž se pórovitým materiálem odděluje z heterogenní soustavy pevná fáze rozptýlená v kapalině nebo plynu. Kapalina prochází pórovitou filtrační vrstvou, v praxi se jako filtrační přepážky používá:

- síta z nerezového drátu nebo šterbinová síta z profilovaného drátu (filtrační svíčka).
- plachetky zhotovené z kovových, polypropylenových nebo textilních vláken. Polypropylenové plachetky se používají při filtraci sladiny. Plachetky zhotovené z nerezového drátu se používají při filtraci piva, protože se dají lépe sterilizovat. Tento typ filtru má však řadu nevýhod. Pro filtraci piva křemelinou je dnes nejvhodnější svíčkový filtr.

- filtrační desky zhotovené z celé řady komponent (např. celulóza, bavlna, křemelina, perlity, skleněná vlákna). Dříve se přidával do desek azbest, jeho používání je však nyní ze zdravotních důvodů zakázáno.
- porézní materiály, jako jsou sintrové nebo kovové frity.
- membrány, vyráběné z různých materiálů, hlavně z polyethylenu, polyakrylátu, polyurethanu, polyamidů. Vlastní membrána je velice slabá (0,02 – 1 mm), a proto musí být položena na nosiči, který zabrání jejímu protržení. Nanášení membrány na nosič se provádí nástřikem nebo naplavením. Při použití různých materiálů na výrobu nosiče a membrány je dnes možno vyrobit membránu, která má požadovanou velikost filtračních pórů. To umožňuje filtrovat na membráně molekuly podle požadované velikosti.

Na tvorbě filtrační vrstvy se podílejí i hrubé částice oddělované fáze. Často přebírají v průběhu filtrace úlohu filtračního materiálu.

Průběh filtrace lze obecně vyjádřit vztahem mezi rychlostí filtrace a silou, která překonává filtrační odpor a způsobuje průtok filtrátu:

$$\text{rychlost filtrace} = \text{konstanta} \frac{\text{hnací síla}}{\text{filtrační odpor}} \quad (1)$$

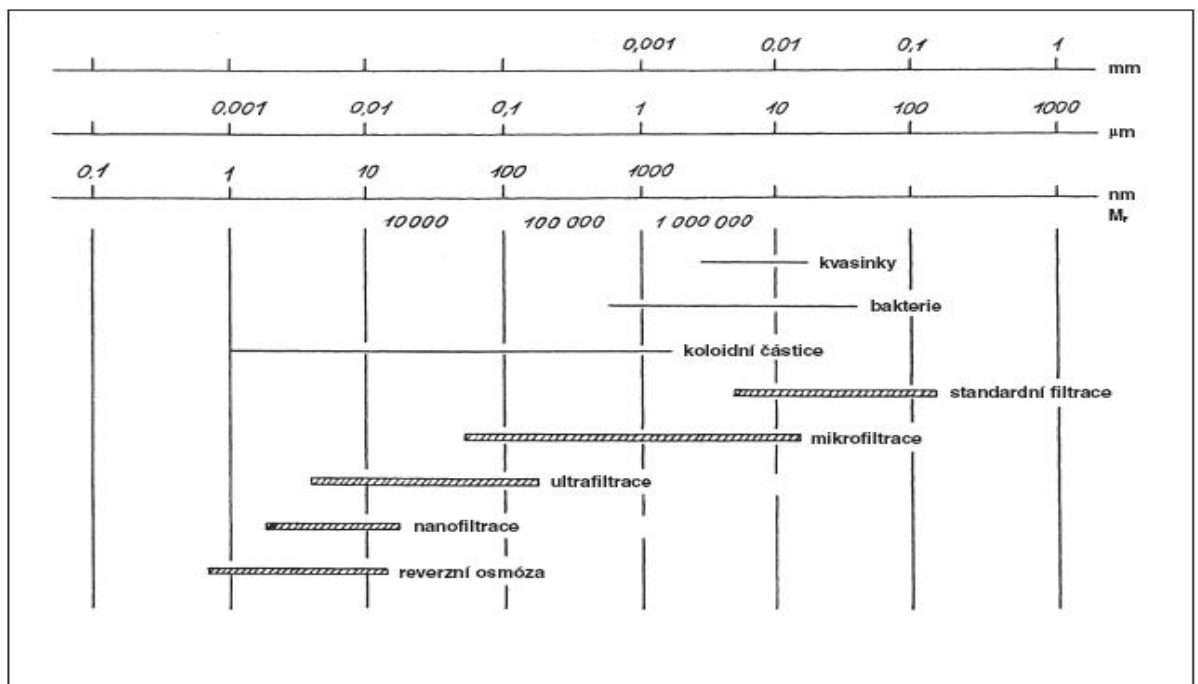
Při praktických výpočtech se vyjadřuje rychlost filtrace ω objemem filtrátu V protékajícího za jednotku času τ jednotkovou plochou filtru S_f :

$$\omega = \frac{dV}{S_f \cdot d\tau} \quad [ms^{-1}] \quad (2)$$

V pravé části rovnice (1) je hnací silou tlakový rozdíl Δp před filtrační přepážkou a za ní; naopak proti rychlosti filtrace působí filtrační odpor R a viskozita kapaliny η . Tyto úvahy formuloval matematicky Ruth rovnicí:

$$\frac{dV}{S_f \cdot d\tau} = \frac{\Delta p}{\eta R} \quad (3)$$

Ruthova rovnice vyjadřuje velmi dobře dynamiku filtračního procesu. Význam tohoto vztahu je v zavedení filtračního odporu, ve kterém jsou zahrnuty vlastnosti filtrační přepážky [15].



Obr. 13 Rozmezí velikosti koloidních částic a pórů filtrační přepážky

Nefiltrované pivo je složitý heterogenní koloidní a krystaloidní systém, který lze z hlediska koloidní chemie označit za disperzní soustavu. Každá disperzní soustava je složena ze spojitého disperzního prostředí, které může tvořit kapalina, plyn i tuhá látka, rozptýlených částic, tzv. disperzního podílu nebo disperzní fáze. Disperzní prostředí nefiltrovaného piva tvoří voda. Disperzní podíl jsou vysrážené bílkovinné komplexy a další složky s vlastnostmi lyofilních solů (tuhá fáze) a oxid uhličitý (plynná fáze) [15].

Disperzní soustavy se dělí podle různých hledisek. Nejpoužívanější klasifikace je založena na velikosti disperzních částic nebo na stupni disperzity. Stupeň disperzity zavedl Ostwald a definoval jej jako reciprokovou hodnotu charakteristického lineárního rozměru částic. Systémy, jejichž částice mají průměr v rozmezí od 1 nm do 1 μm (10^{-9} až 10^{-6} m), se považují za koloidní soustavy. Hrubě disperzní soustavy obsahují částice větší než 1 μm.

V nefiltrovaném pivě jsou kromě částic s rozměry odpovídajícími koloidním soustavám i částice hrubší. Bílkovinné vločky dosahují velikosti asi do 0,5 μm a velikost mikroorganismů, zvláště kvasinek, je až 12 μm. Nestejná velikost způsobuje, že hmotnost jednotlivých zákalotvorných složek není v přímém vztahu k čirosti piva, ať je posuzována subjektivně nebo nefelometricky. Pro částice koloidních rozměrů je možno říci, že při stejném hmotnostním podílu vytvoří menší částice větší zákal. Např. při chlazení mladiny z 10 na 5 °C se vyloučilo pouze 0,5 mg sušiny kalů na 100 g mladiny, avšak absorpce

vzrostla o 18 %. Naopak při chlazení mladiny ze 40 na 20 °C vzrostla absorpce pouze o 10 %, zatímco se vyloučilo 1,8 mg sušiny kalů na 100 g mladiny [15].

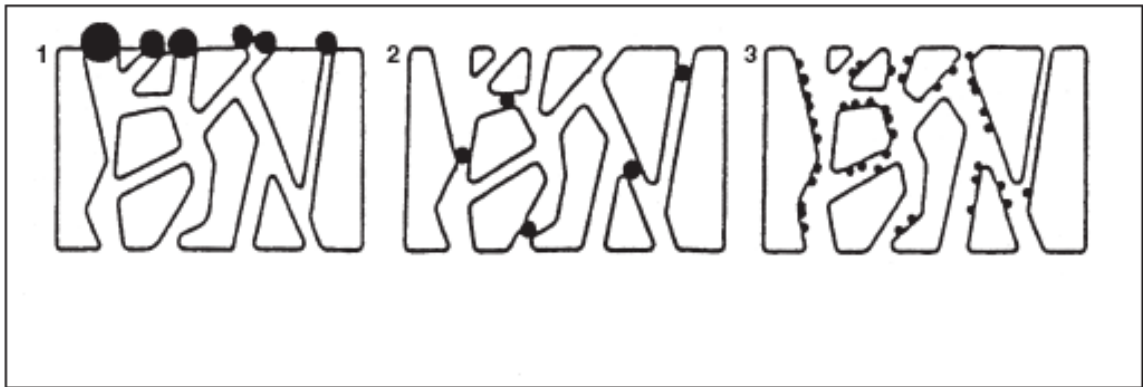
Přímá filtrace kalových látek přes propustnou podložku je prakticky nemožná, protože filtrační vrstva vytvořená z bílkovinných vloček a mikroorganismů je silně stlačitelná, a tím je těžko propustná. Musí se proto při filtraci použít buď konstantní vrstva z porézních materiálů (filtrační koláče z celulosových vláken) nebo vhodný filtrační prostředek (naplavovací filtrace). Obr. 13 znázorňuje rozmezí velikosti koloidních částic a pórů filtrační přepážky [15].

Plynnou fází disperzního podílu piva je oxid uhličitý. Jeho obsah nesmí být filtrací redukován, protože je sensoricky významnou složkou piva. Tento požadavek se musí přísně dodržet při konstrukci filtrů. Při filtraci dochází přesto k určitému poklesu koncentrace oxidu uhličitého, a to vlivem snížení obsahu látek, na které je vázán. Kromě rozpuštěné formy (Henryho zákon) se v pivě uplatňuje ještě fyzikálně chemická vazba, především adsorpce na koloidních částicích, dále chemisorpce a konečně kapilární kondenzace na tuhých látkách, jež mají póry o poloměru od 2 do 30 nm. V dutinách pórů kondenzuje plyn za nižších tlaků, než je tlak jeho nasycených par nad rovinným povrchem. Adsorbenty mohou být nejen bílkoviny, nýbrž i pektiny, dextriny a chmelové třísloviny. Ztráty oxidu uhličitého vzniklé úbytkem jmenovaných adsorbentů však nepřesahují hodnotu ztrát, které bývají způsobeny nevhodnou manipulací při stáčení. Rozdíl obsahu oxidu uhličitého před filtrem a za ním při naplavování křemeliny není větší než 0,03 % hmot. [15].

Při filtraci se mohou uplatňovat tři efekty (Obr. 14):

- a) Sítový efekt, kterým se oddělují hrubé částice. Pevné částice jsou natolik velké, že nemohou proniknout do filtrační přepážky. Vytváří proto stále silnější, méně prostupnou vrstvu. Filtrace je stále jemnější, ale naopak průtok filtrátu se snižuje. Tohoto principu využívá i cross-flow filtrace.
- b) Mechanické zachycování částic ve filtrační vrstvě. Filtrační přepážka je tvořena vysoko-porézním materiálem, který má velkou povrchovou plochu, kde se částice mechanicky zachycují. Vyšší průtočná rychlost pronikání částic do filtrační přepážky podporuje.
- c) Adsorpční efekt. Nejjemnější částice se zachycují uvnitř filtrační přepážky adsorpcí, která je důsledkem rozdílného elektrického náboje.

Při křemelinové filtraci se využívá všech tří efektů [15].



Obr. 14 Porovnání povrchové a hloubkové filtrace

1- filtrace na povrchu filtrační přepážky – síťový efekt, částice neprostupují do pórů filtrační vrstvy, 2 – filtrace uvnitř filtrační přepážky – částice jsou zachycovány na mechanickém principu, 3 – filtrace uvnitř filtrační přepážky – částice se udrží ve filtrační vrstvě na základě adsorpce

5.2 Filtrační materiály

Filtrační materiály se rozdělují na tři základní skupiny:

- vláknité: pivovarská hmota, syntetické tkaniny,
- zrnité a práškovité: křemeliny, perlity, kombinované materiály s celulosovými vlákny, silikagely, aktivní uhlí,
- pórovité: membrány z plastu, kovu nebo keramiky.

Použijí-li se jednotlivé filtrační materiály ve vhodných zařízeních, umožňují jimi vytvářené přepážky podle rozměrů pórů a dalších vlastností separovat různě veliké částice, a to až po koloidní látky.

V roce 2005 se z celkové světové výroby 1,53 bilionů hl piva, 91 % filtrovalo křemelinou. Při dofiltracích se zpracovalo 68 % zajišťovacími filtry, zvanými trap-filtry, tj. separačních zařízení na principu modulů s přepážkou většinou z polypropylenové tkaniny, 32 % deskovými filtry a mikrofilmy, 8 % membránovou technikou (sterilizační filtrace) [1].

Pivovarská hmota se připravuje z odtučněných a vyčištěných bavlněných odpadů. Hmota se vyrábí z textilního odpadu, který se musí nejdříve vyčistit a vybělit. Lisují se z ní koláče o průměru 50-55 cm a tloušťce 5-6 cm, které se vkládají do filtru. Při filtraci se mohou mechanicky zachytit pouze částice větší než 12 μm , částečně se uvnitř pórů adsorbují i menší částice, v závislosti na jejich velikosti a na stupni slisování filtračních koláčů. Pro zvýšení adsorpčního účinku se dříve přidával dlouze vláknitý azbest (0,2 až 2 %), který je v současnosti z hygienických důvodů nepřipustný [1, 16].

Křemelina je infusoriová hlinka původem z pravěkých rozsivek Diatomacei. Surová křemelina obsahuje písek a organické látky. Upravuje se žíháním (900 až 1000 °C), plavením a tříděním. Musí se z ní odstranit uhličitany a železo. Přечиštěná křemelina obsahuje 85 až 90 % SiO_2 a asi 4 % Al_2O_3 . Obsah železa v přepočtu na Fe_2O_3 je v průměru 0,1 až 1,5 %, nad 2 % je nežádoucí. Obsah vody má být pod 5 % [3].

Fyzikální kritéria křemelin jsou velmi důležitá z hlediska jejich praktického využití k filtraci piva. Hlavní fyzikální vlastnosti jsou:

- Průtočnost, poskytuje informaci o možnosti použití křemeliny při filtraci a úzce souvisí s jemností jejích částic.
- Objem za mokra, nazývaný také naplavovací objem, limituje dávkování z hlediska komor naplavovacího filtru.
- Sypká hmotnost, poukazuje na jednotnost dané partie křemeliny. Kvalitní křemeliny mají sypkou hmotnost pod 200 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
- Těžší částice, jsou nežádoucí příměsí křemelin. Nemají vliv na filtrační vlastnosti, pouze zvyšují spotřebu křemeliny a oděrem poškozují dávkovací čerpadla.
- Granulometrické složení křemelin, je důležité kritérium, kterým se podle velikosti zrn rozdělují křemeliny do různých skupin (Tab. 4) [1].

V praxi se křemeliny dělí na hrubé, používané jako základní naplavovací vrstva, a jemné, přidávané k hrubým křemelinám pro získání čirého filtrátu. Tím se ovšem snižuje prostupnost vrstvy a klesá filtrační výkon. Spotřeba křemeliny se odvíjí od objemu zfiltrovaného piva na jeden náplav, a to souvisí s filtrovatelností piva, složením zvolené filtrační směsi a kapacitou filtrační linky. Doposud se křemelina používá převážně jednorázově [1, 2].

Tab. 4 Granulometrické složení filtračních křemelin podle firemních údajů

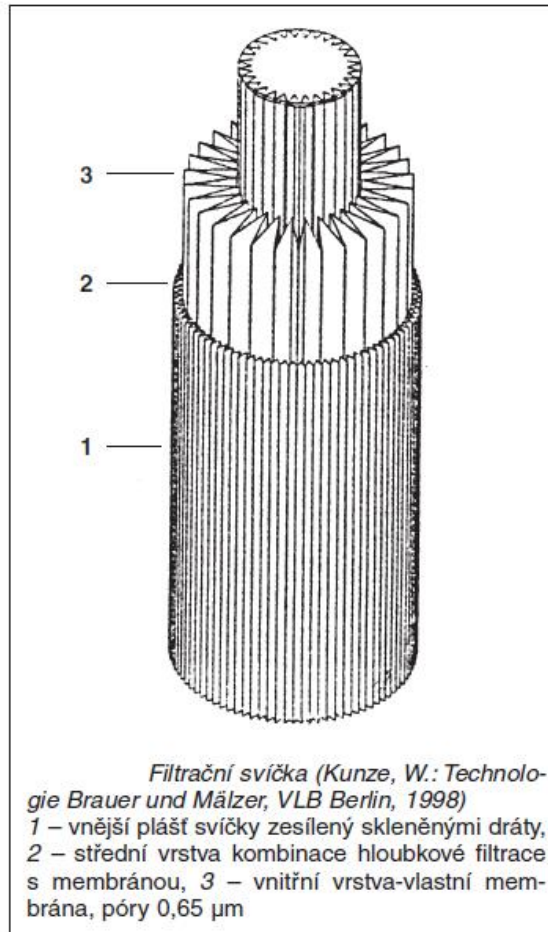
Označení křemelin	Ekvivalent sférického průměru (μm)						
	< 2	2 - 6	6 - 10	10 - 20	20 - 40	40 - 60	> 60
	Obsah částic (%)						
Filter Cell	22,0	42,0	17,5	11,0	4,5	3,0	0
Standart-Super-C	10,0	41,0	25,0	15,0	4,5	4,5	0
Hyflo-Super-C	4,0	25,0	26,0	30,0	11,0	4,0	0
Cellite 503	0,5	9,0	24,0	34,0	20,5	12,0	0
Cellite 545	0	3,0	9,0	32,0	31,0	16,0	9,0
Cellite 560	0	1,5	2,0	9,5	29,0	40,0	18,0
CB Extra Fein	22,0	39,0	12,0	10,0	3,5	4,0	9,5
DC-B Media	15,0	34,5	15,5	13,0	7,5	2,0	12,5
DIF Special	0	7,0	24,0	49,0	15,0	3,0	2,0
DIC-B Super	1,0	19,0	17,0	27,0	18,0	5,5	12,5
DIT-R Ultra	0	8,0	2,5	29,0	17,0	6,0	37,5

Vzhledem k rychle rostoucímu počtu problémů s křemelinou, pokračuje hledání alternativního filtračního materiálu. Obzvláště pivovary střední velikosti potřebují řešení, které jim umožní využít stávající zařízení. Systematický průzkum a zhodnocení současné odborné literatury přináší informace týkající se základních vlastností filtračních materiálů založených na celulóze: celulózová vlákna je možno používat k předfiltraci v okamžiku, kdy je pivo již dobře vyčiřené. Aby však tato metoda byla ekonomická, jsou nutné vícenásobné regenerační cykly vzhledem k vysokým nákladům na celulózu vyrobenou jako filtrační materiál. Celulóza je udržitelná, z ekologického hlediska zcela biologicky rozložitelná surovina. Celulózy mohou být využity v předfiltraci a tvoří pružné, přizpůsobivé, nehomogenní a stlačitelné filtrační koláče [17].

Perlit, nazývaný též vulkanické sklo, patří mezi zrnité materiály, používá se pro filtraci tekutin. Většinou se však filtrací perlity nedosáhne ostrosti, kterou vykazuje křemelina. Navíc se při nižším pH z perlitů uvolňuje železo a vápník, proto se používají pro filtraci sladiny, která má pH 5,4 až 5,5 [1,2].

Aktivní uhlí má veliký povrch, 500 až 1200 $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, a velkou adsorpční schopnost, především vůči barevným látkám piva. Používá se spíše jako pomocná látka pro snižování barvy piva či k odstraňování pachů [1].

Membránové svíčky jsou ve válcové tlakové nádobě paralelně propojeny. Filtrační svíčka (Obr. 15) je tvořena vrstvami filtračních přepážek, které jsou vyrobeny z polypropylenu. Jejich hustota se zvyšuje do středu svíčky. Jednotlivé vrstvy jsou skládány tak, aby se dosáhlo zvětšení filtrační plochy [2].



Obr. 15 Filtrační svíčka

Filtrační membrány patří mezi odzárodkovací filtrační materiály, mají i účinky stabilizační, neboť lze připravit membrány s přesnou velikostí pórů pro potřebný účel [1].

Na trhu je nyní nový kompozitní filtrační materiál, Celit CynergyTM, jehož cílem je substituce konvenční směsi křemeliny a hydrogelů a xerogelů SiO₂, jež jsou nutné pro koloidní stabilitu piva a zvýšení trvanlivosti. V článku jsou popsány výsledky pokusů, které byly provedeny v německých pivovarech Rupp Bräu a Lauenau. Nahrazením obvyklého křemičitého hydrogelu stejnou hmotností Celitu CynergyTM mělo za následek zlepšení stability piva. Vyšší účinek je způsoben vyšším stupněm dosaženého kontaktu prostředku s pivem z důvodu vyšší plochy povrchu nové látky, než jakou nabízí používané gely. Při

těchto pokusech byla celková hmotnost dávkované směsi snížena ze 156 g.hl^{-1} na 109 g.hl^{-1} (30 %), což je poměrně výrazné snížení dávkované směsi, které s sebou přináší úsporu [18].

Problémy se stabilitou u baleného piva a problémy s filtrací jsou poměrně časté. Příčiny těchto problémů jsou tak rozdílné, že je můžeme zjistit teprve až průzkumem prakticky každého kroku celého výrobního procesu. Ve stati je poukázáno na možné zdroje těchto příčin a jsou zde uvedeny i praktické pomocné tipy řešení. Časté problémy s filtrací jsou důsledkem profesního zanedbání, jako je např. nereagování na změnu kvality sladu, a s tím související úprava rmutovacího postupu nebo špatné řízení kvasničného hospodářství a vedení kvasného procesu spolu s nízkými teplotami. K eliminaci těchto problémů s filtrací je třeba předcházet dodržováním technologických postupů [19].

5.3 Typy filtrů

a) Deskový naplavovací filtr (Obr. 16) se skládá ze dvou pevných čel, která jsou spojena vodicími tyčemi, na nichž jsou postaveny filtrační rámy a pohyblivé čelo. Filtrační rámy mají obvykle čtvercový tvar a jsou dvojí:

- komory na křemelinu jsou 3 – 4 cm hluboké a přitéká do nich nefiltrované pivo s křemelinou,

- rámy, na které jsou pověšeny filtrační desky [15].

Nosné desky jsou vyrobeny ze směsi plastů, bavlny a celulosy. Nemají žádný filtrační účinek. Na jejich vnější straně se při filtraci vytváří filtrační koláč. Průtoková rychlost je 3 až $3,5 \text{ hl. m}^2. \text{ h}^{-1}$. Počet filtračních cyklů je 20 až 30, desky se mohou používat nejdéle 4 týdny. Výkon filtru může dosahovat až 2000 hl. h^{-1} .

b) Kombinovaný (zdvojený) rámový křemelinový filtr je spojením křemelinového naplavovacího a deskového filtru na jednom nosném rámu. Na nosném rámu je pověšen modul, který odděluje křemelinovou a deskovou sekci.

c) Naplavovací svíčkový filtr (Obr. 17, Obr. 30) je dnes nejpoužívanějším typem křemelinového filtru. Je to válcová tlaková nádoba s kónickým dnem. Pod horním odnímatelným víkem je deska, na které jsou pověšeny filtrační svíčky. Filtrační svíčka (Obr. 18) je filtrační přepážkou, na kterou se naplavuje křemelina. Na filtrační svíčku je navinut profilovaný drát s přesně danou mezerou 50 – 80 μm . Filtrační svíčka může být až 2 m dlouhá.

Navinutý drát vytvoří velice úzkou, ale dlouhou přepážku. Filtr má filtrační plochu, která odpovídá počtu svíček, dá se neomezeně regenerovat a nemá žádné pohyblivé díly. (Např. svíčka délky 2 m o průměru 35 mm má filtrační plochu 0,22 m²).

d) Sítový naplavovací filtr je složen z válcové tlakové nádoby s hřídelem, která slouží k přívodu a odvodu filtrovaného piva z vodorovných kruhových filtračních článků. Filtrační článek má spodní část plnou, horní tvoří síto z nerezového drátu, které vytváří filtrační přepážku. Hustota síta je 50 – 80 μm. Síto musí být vodorovné a perfektně napnuté.

e) Modulový filtr (Obr. 19). Filtrace pomocí filtračních modulů je moderním způsobem dofiltrace s vysokým filtračním efektem. Jeden modul se skládá až z dvaceti kusů modulových desek, které jsou naskládány na středovou nerezovou trubku a pevně spojeny. Podle výkonu je možno dát až čtyři moduly na sebe.

Nefiltrované pivo je přiváděno do filtru a je rovnoměrně děleno na všechny modulové desky. Drenážní kanálky uvnitř desek odvádějí filtrát do středové trubky k výtoku z filtru, který je v dolní části středové trubky. Každý výrobce nabízí celou řadu typů modulů podle požadavků zákazníků. V nabídce jsou také stabilizační moduly, adsorbující prekurzory koloidních zákalů.

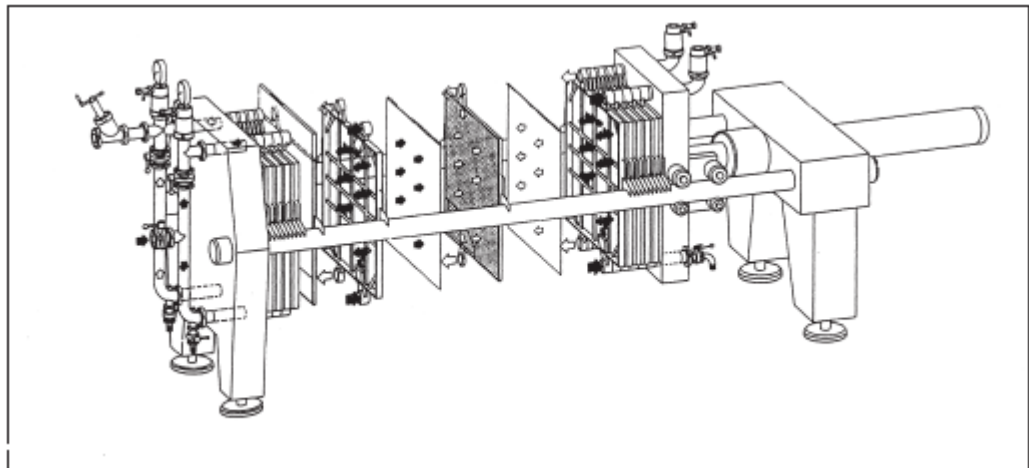
f) Membránové svíčky. Ve válcové tlakové nádobě jsou paralelně propojeny membránové svíčky. Filtrační svíčka je tvořena vrstvami filtračních přepážek, které jsou vyrobeny z polypropylenu. Jejich hustota se zvyšuje do středu svíčky. Jednotlivé vrstvy jsou skládány tak, aby se dosáhlo zvětšení filtrační plochy.

Efektivní použití obou typů filtrů (modulového i svíčkového) je možné jedině tehdy, když je zajištěna dobrá předfiltrace piva. V opačném případě se zvyšují náklady na pořízení membrán a zhoršuje se jejich funkce.

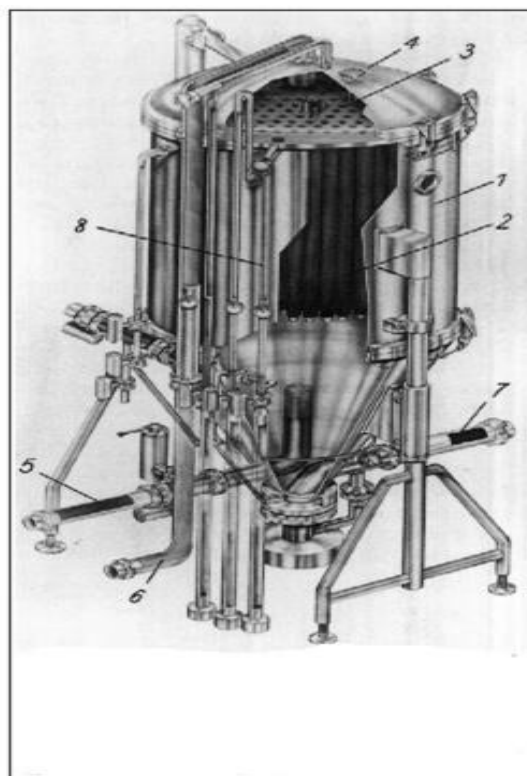
g) Cross – flow filtrace. Membránové modulové a svíčkové filtry jsou z funkčního hlediska variantou deskového filtru. Cross – flow filtr je membránový filtr. Membránou není pivo (nebo jiné médium) protlačováno, ale z vnější strany membránu omývá a jen malá část projde jako filtrát membránou. Kalové částice a mikroorganismy zůstávají na vnější straně membrány, kde se jejich koncentrace zvyšuje. Filtrát se naopak získává na druhé straně membrány. Vzhledem k tomu, že přes membránu projde jenom malá část fil-

trované kapaliny, je nutno pracovat s velkou filtrační plochou. Byly proto vyvinuty tzv. navíjené membrány (Obr. 20), což je kombinace membrány, nosiče a mezivrstvy.

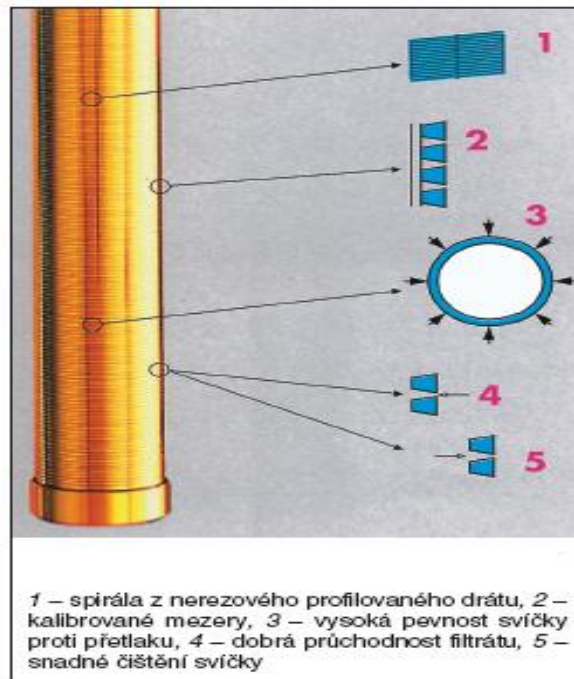
K tomu, abychom docílili požadovaný výkon cross – flow filtrační jednotky, musíme použít sadu filtračních modulů, které jsou paralelně propojeny. Jedná se o filtrační postup, jehož využití v praxi je stále ve vývoji [15].



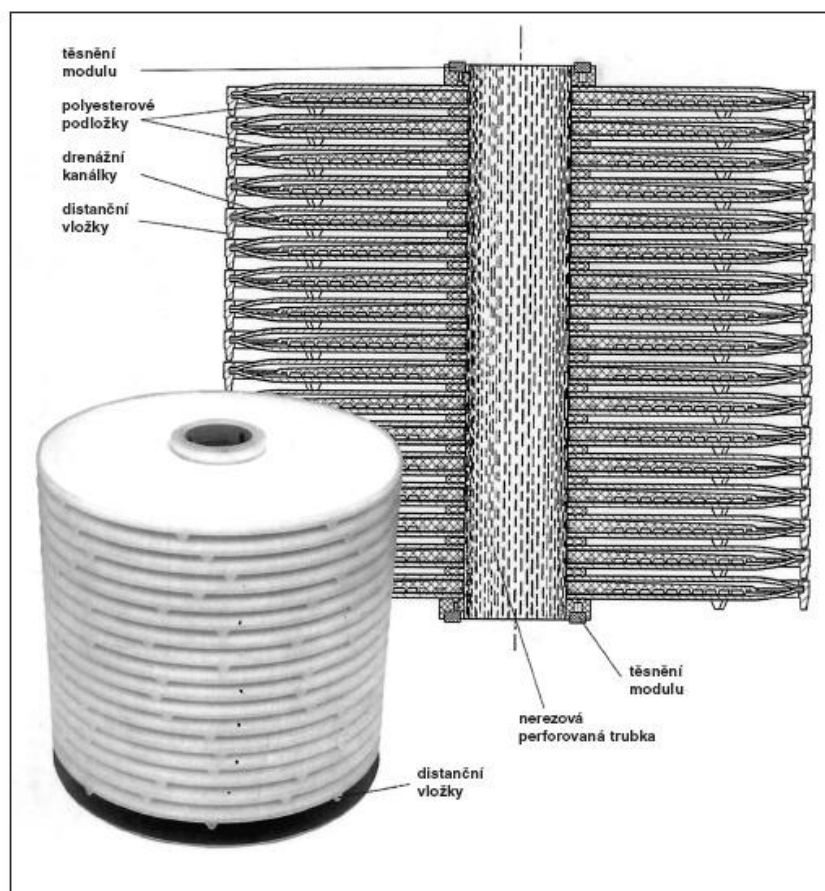
Obr. 16 *Deskový naplavovací filtr NIRO*



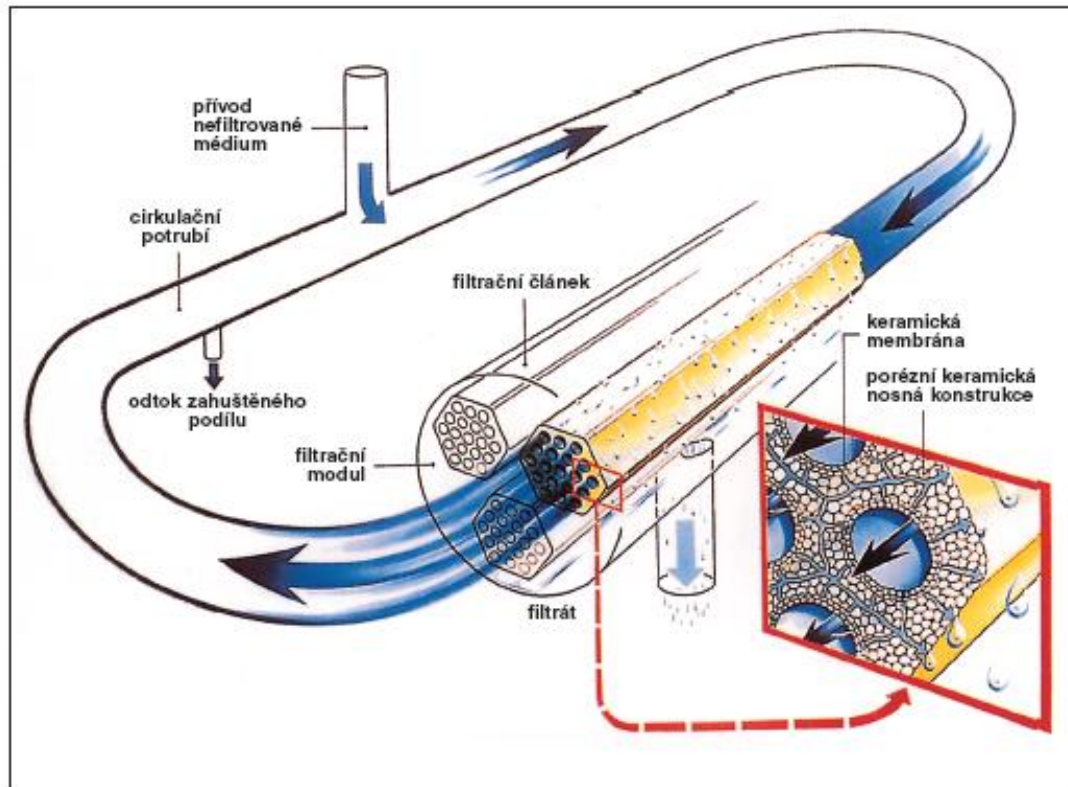
Obr. 17 *Naplavovací svíčkový filtr (řez)*



Obr. 18 Filtrační svíčka



Obr. 19 Filtrační modul (fa SeitzSchenk Filtersystems)



Obr. 20 Navíjené membrány (fa SeitzSchenk, Bad Kreuznach)

5.4 Sanitace

Při výrobě piva začíná nebezpečí biologických kontaminací ochlazením mladiny a trvá dále při hlavním kvašení, dokvašování i při plnění piva do dopravních nádob. V provozu se tomu musí čelit čištěním a dezinfekcí [4].

Důležité je, aby zařízení bylo zbaveno nečistoty co nejdříve po ukončení výrobního procesu. Současný vývoj v pivovarství jde cestou zabezpečení kvality a trvanlivosti piva pomocí sanitace, která vysoce účinnými, kombinovanými chemickými prostředky umožňuje ustoupit od energeticky náročné pasterace [2].

Křemelinové filtry se po skončení filtrace proplachují vodou, podle možností a typu filtru, protiproudě. Potom se propláchnou 80 °C vodou, je nutno dosáhnout této teploty ve všech částech filtru a nechat cirkulovat minimálně 20 minut [20]. U svíčkových křemelinových filtrů je pro čištění výhodnější konstrukce se svíčkami zavěšenými v rozdělovací

desce. Vrstva křemeliny se ze svíček odstraňuje tlakovým nárazem směsí vzduchu a vody [23].

Čištění a dezinfekce v okruhu je postup, při kterém pracovní roztoky a oplachovací voda proudí v okruhu. Okruh je vytvořený ze sanitovaných zařízení, spojeného potrubí a sanitační stanice [21].

Na dosažený výsledek čištění mají hlavní vliv čtyři základní parametry:

- chemické parametry čištění (např. typ a koncentrace sanitačního prostředku),
- mechanické parametry čištění (např. průtok a mechanická energie sanitačního roztoku),
- teplota,
- doba kontaktu sanitačního přípravku s nečistotou.

Pro dosažení požadovaného výsledku čištění se kombinuje působení těchto čtyř parametrů [1].

U MMS filtru probíhá sanitace dle doporučení výrobce po určitém množství zfiltrovaného piva v rozsahu kyselé sanitace za pomoci 1 % HNO_3 nebo H_3PO_4 . Pro uvolnění a vypláchnutí bílkovin a gumovitých látek po filtraci těžko filtrovatelných piv je nutno provést regeneraci 1% NaOH při teplotě 60 °C. Po aktivaci, regeneraci nebo proplachu následuje sterilizace horkou vodou 90-95 °C [38].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 POPIS PROVEDENÝCH EXPERIMENTŮ

V rámci diplomové práce bylo naším cílem porovnat analytické a technologické hodnoty při různých typech filtrací piva. Předmětem zkoumání se stala finální úprava, tj. filtrace piva v pivovaru Janáček, a.s. Vzhledem k eventuelním možným vlivům na průběh a kvalitu filtrace byl daný druh piva analyticky sledován již od hlavního kvašení ve spilce.

Pivovar Janáček nám pro potřeby diplomové práce poskytl čtyři druhy piva, a to: světlé výčepní pivo 10 % „Prima“, světlý ležák 11 % „Patriot“, světlý ležák 12 % „Extra“ a světlý speciál 14 % „Comenius“. Veškeré mikrobiologické i analytické rozbory byly provedeny v laboratoři pivovaru. Měření obsahu CO₂ v pivu bylo provedeno během jednotlivých technologických operací přímo v provozu.

Praktické řešení diplomové práce bylo provedeno v období od srpna do listopadu 2010. Během tohoto období byly v laboratoři pivovaru Janáček měřeny analytické hodnoty zkoumaných piv ve vybraných fázích výroby a následné filtrace, která je v pivovaru prováděná na křemelinovém filtru firmy DESTILA BRNO, typovém označení SUF 352, sekundárním křemelinovém filtru firmy BÍLEK, typovém označení FKS V 5 a multi-mikrofiltraci firmy HANDTMANN, typovém označení MMS 070. Současně byly sledovány a porovnávány technologická data průběhů těchto filtrací.

6.1 Laboratorní analýza

Pro zjištění potřebných hodnot byly využity následující metody:

- počítání buněk mikroorganismů,
- stanovení zákalu,
- analytický rozbor piva,
- měření obsahu CO₂ v pivu.

6.1.1 Počítání buněk mikroorganismů

Mikrobiologická provozní kontrola pivovaru Janáček zahrnuje stanovení mléčných a koliformních bakterií, plísní, kvasinek kulturních i divokých. Pro účely našeho měření jsme se zaměřili na stanovení celkového počtu kvasničných buněk.

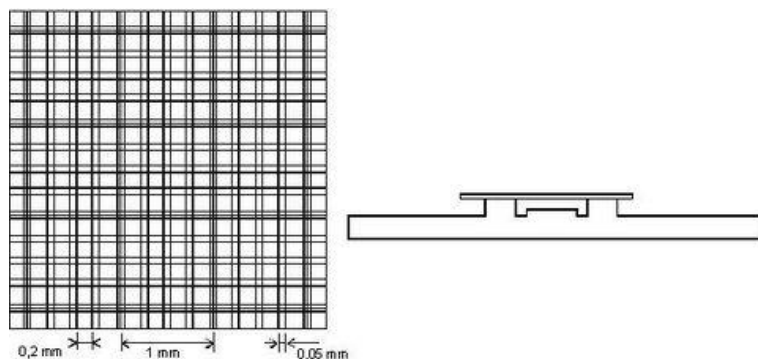
Pro toto stanovení byla použita Bürkerova komůrka (Obr. 21). Princip počítací komůrky je v tom, že tlustší podložní sklo má uprostřed mřížku, jejíž políčka mají známou

velikost. Mřížka je umístěna tak, aby mezi krycím sklem a mřížkou zůstal prostor známé výšky - 0,1 mm. Po obou stranách této plochy jsou zářezy, kterými se odvádí přebytečná tekutina.

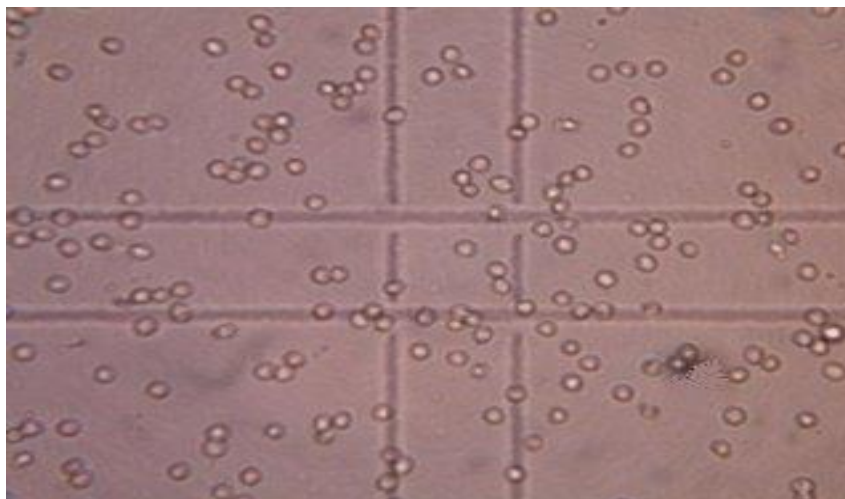
Mikrobiální kulturu jsme náležitě zředili ve sterilní zkumavce, do níž jsme předem nakapali 5 kapek methylenové modři na obarvení kvasinek. Počítací komůrku i krycí sklíčko jsme pečlivě očistili vodou a alkoholem. Na dokonale vyčištěnou a suchou komůrku jsme položili krycí sklíčko a opatrně přitlačili na vyvýšené opěrné plochy, až vznikly tzv. Newtonovy barevné kruhy. Krycí sklíčko je přidrženo dvěma pérovými držáky. Skleněnou kapilárou jsme odebrali část dobře promíchané mikrobiální suspenze, přiložili ji ze strany ke skulině mezi plochou počítací sítě a krycího sklíčka komůrky a napustili ji tak, aby tekutina nenatekla do rýh. Znovu jsme naplnili kapiláru a stejným způsobem jsme naplnili druhou počítací mřížku. Po chvíli, až mikroorganismy klesnou na dno komůrky, jsme při vhodném zvětšení (500 až 880x) pod mikroskopem (Obr. 22) spočítali kvasničné buňky v obou mřížkách počítací komůrky. Začínali jsme počítat v prvním uzavřeném políčku vlevo nahoře a postupovali jsme směrem dolů. Buňky ležící na hranách se počítají vždy jen jednou, a to z důvodu, aby se nepočítali dvakrát. Kvasinky se počítají v šesti svislých řadách po dvanácti čtverečkách ($1/25 \text{ mm}^2$), celkem v 72 čtverečkách [24, 25, 26, 27, 28].

Jednotlivé množství kvasinek jsme zapsali do předem připravené tabulky a následně spočítali dle vzorce: $\frac{a \cdot b \cdot 25 \cdot 10000}{c}$ (4), kde a je celkový počet mikroorganismů nad políčky, b - znamená číslo zředění mikrobiální suspenze, c - počet počítaných políček [25, 26].

Další možnosti jsou nefelometrické měření intenzity zákalu nebo měření počtu buněk na průtokovém cytometru [27].



Obr. 21 Počítací síť Bürkerovi komůrky



Obr. 22 Kvasinky pod mikroskopem v Bürkerově komůrce

6.1.2 Stanovení zákalu

Ke stanovení zákalu piva jak v ležáckém sklepě, který nám primárně ukazuje na filtrovatelnost piva, tak u porovnávaného piva po jednotlivých filtracích jsme použili zákaloměr MZM - 93 - MC (Obr. 23).

Tento zákaloměr je plně automatizovaný přístroj, který slouží k měření zákalu kapalin. Je vhodný zejména pro sledování čirosti nápojů v kontrolních a výzkumných laboratorích potravinářského průmyslu. Dovoluje měření velikosti zákalu vzorků jak ve speciálních kyvetách, tak přímo v uzavřených lahvích. Přístroj je kalibrován podle mezinárodně používané standardní suspenze formalinu a v základní verzi je velikost zákalu zobrazována na displeji v nejčastěji používaných jednotkách pro hodnocení zákalu v potravinářství, a to v jednotkách EBC.

Zákaloměr MZM (měřič zákalů nápojů) je konstruován na základě osvědčeného principu klasických nefelometrů s použitím nejmodernějších optoelektronických součástek a výpočetní techniky, což zajišťuje vysokou přesnost, reprodukovatelnost a spolehlivost měření.

Zákal se u typu MZM - 93 - MC2 určuje na základě měření světla rozptýleného ve vzorku pod úhlem 90° a 15° , vzhledem ke směru šíření sondujícího světelného svazku. Do jisté koncentrace rozptylujících částic platí, že s růstem jejich koncentrace vzrůstá i velikost rozptýleného záření. Ke změně intenzity rozptýleného záření však může dojít i pouhou změnou intenzity sondujícího světelného svazku, v důsledku jiných příčin, než je změna

rozptylových charakteristik. Tyto příčiny jsou např. stárnutí lampy, zanášení okének a optických prvků, pohlcování světla v kapalině, tj. její barevnost. Aby bylo možné tyto nežádoucí vlivy odstranit, měří se v přístroji MZN zároveň i velikost světla v tzv. transmisním kanálu, tj. velikost světla prošlého vzorkem v přímém směru. Konstrukcí přístroje (Obr. 24) je zajištěno, že optické dráhy pro procházející i rozptýlený paprsek jsou stejné, takže změny intenzity se jak v nefelometrickém, tak transmisním kanálu projeví stejnou měrou (Obr. 25). Poměr hodnot UN/UT výstupních signálů fotodetektorů z nefelometrického a transmisního kanálu udává tzv. relativní zákal ZR, který je na výše uvedených faktorech nezávislý. Tento relativní zákal je pak pomocí kalibrační křivky uložené v paměti přístroje přepočten na hodnotu zákalu standardní kalibrační zákaloměrné suspenze.

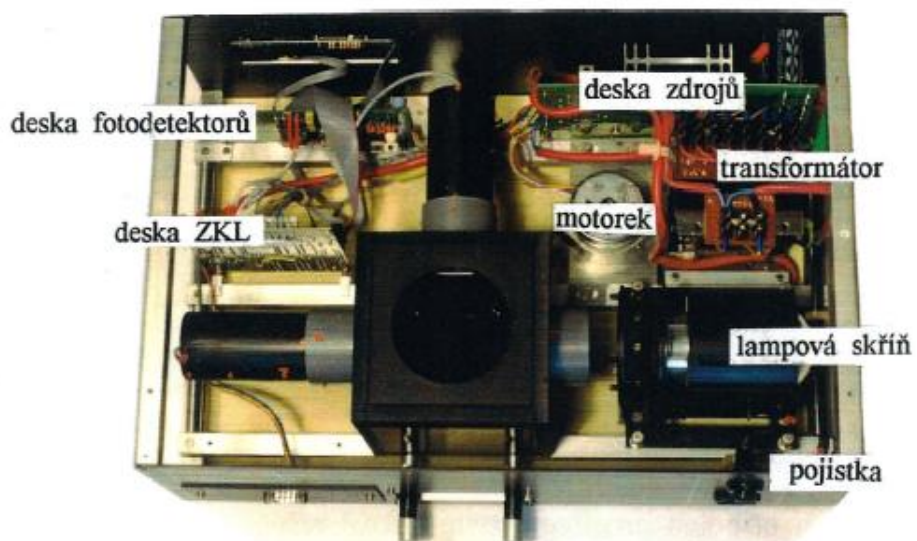
Defekty vyskytující se na jednotlivé láhvi lze považovat v převážné míře za náhodně rozložené po jejím obvodu. K potlačení jejich vlivu je proto zapotřebí provést více měření v různých místech po obvodu láhve a jako výslednou hodnotu vzít průměr z těchto měření. V zákaloměru MZN je za tímto účelem láhev umístěna na otočném podstavci, který je poháněn motorkem. Otáčení láhve je řízeno jednočipovým mikropočítačem, v jehož paměti se ukládají měřené hodnoty z nefelometrického a transmisního kanálu. Během jedné otočky láhve se provede až několik set odečtů, z nichž je pak vypočítána průměrná hodnota a jí dle velikosti kalibrační křivky přiřazena velikost skutečného zákalu.

Celková chyba, jíž může být výsledek ovlivněn, závisí na podmínkách měření. Podílí se na ní jednak chyba přístroje, jednak chyby závislé na vnějších faktorech. Chyba přístroje samotného pro určení zákalu kapaliny při zachování podmínek, za nichž byl přístroj kalibrován, je velmi malá. Při měření v měřící kyvetě je maximálně 1 % na rozsahu 1 EBC, tj. 0,01 EBC [29].

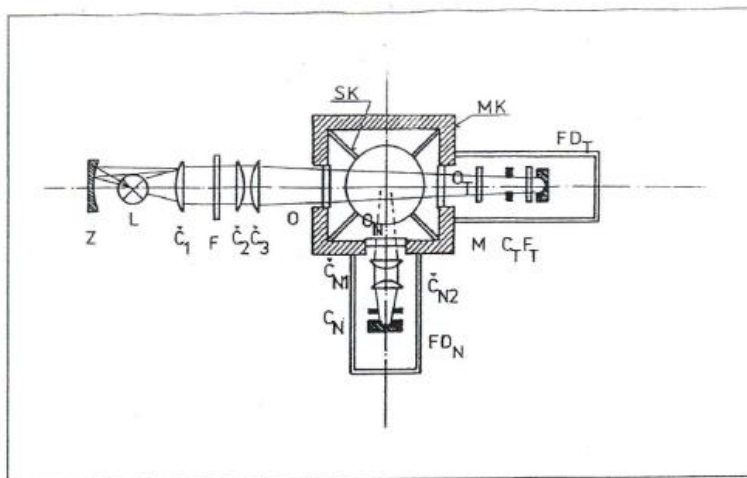
Obsluha přístroje je jednoduchá. Dle návodu jsme přístroj připojili na elektrickou síť, umístili jsme středící koš a měřící komoru naplnili destilovanou vodou. Po zapnutí vypínače „power“ dojde k aktivaci řídicího mikropočítače, ozve se zvukový signál a na displeji se objeví na několik sekund firemní označení použité programové verze, mezitím se provedou vnitřní testy systému a po jejich ukončení se zobrazí na displeji text: zákaloměr připraven. Vložili jsme vzorek do přístroje a dle druhu láhve vybrali a stiskli tlačítko 1, v případě kyvety, 2 u zelené láhve a 3 u hnědé láhve. Po ukončení měření zazní zvukový signál a výsledná hodnota zákalu je zobrazena na displeji [29].



Obr. 23 Zákaloměr MZN - 93 - MC2



Obr. 24 Elektronická část zákaloměru



Schema uspořádání optické části zákaloměru MZN . . Význam symbolů: *Z* - zrcadlo, *L* - lampa, *Č*₁, *Č*₂, *Č*₃ - čočky, *F*₁ - filtr, *O*₁, *O*₂, *O*₃ - okénka, *MK* - měřicí komora, *SK* - středící koš, *K* - kyveta (láhev), *Č*_{N1}, *Č*_{N2} - čočky, *C_N* - clona, *FD_N* - fotodetektor, *M* - matnice, *C_T* - clona, *F_T* - filtr, *FD_T* - fotodetektor.

Obr. 25 Schéma uspořádání optické části zákaloměru MZN

Využití měření zákalů je mj. i při zkoušce stability piva, tzv. šokovací zkoušce podle Raibla. Jako trvanlivé lze označit takové pivo, ve kterém se po prvním vyjmutí z tajícího ledu nevytvoří zákal silnější než 4 EBC jednotky [30].

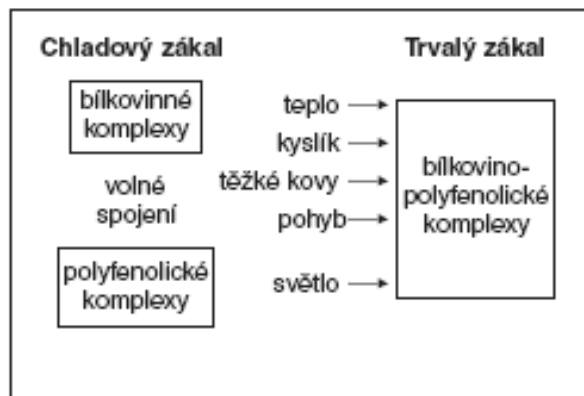
Další z metod, která využívá měření zákalu k předpovědi koloidní stability piva je šokovací zkouška podle Basařové a Kahlera. Je postavena na principu, kdy stárnutí piva se urychluje střídáním tepla a chladu za konstantních časových podmínek. Hodnoty vzniklého zákalu v jednotkách EBC jsou vztaženy na skutečnou trvanlivost piv [31].

6.1.3 Koloidní stabilita piva

I přes filtraci, může dojít po určité době i u piva s dobrou biologickou stabilitou k tvorbě sedlin a zákalů. Jedná se o koloidní sedliny a zákal. Dělí se na dvě základní skupiny:

- chladový zákal, z piva se vylučuje při jeho ochlazení na 0 °C. Při opětovném zvýšení teploty na 20 °C se zákal rozpustí. Kvašení, a hlavně závěr dokvašování při vyšších teplotách, oxidace piva vzdušným kyslíkem, přítomnost iontů těžkých kovů a světlo podporují vznik chladových zákalů [15].

- trvalý zákal, je v podstatě druhou fází chladového zákalu. S postupujícím časem dochází ke stálému zvětšování koloidních částic, které se z piva nevratně vyloučí. Doba, za kterou se od stočení vyloučí nevratný zákal, je při posuzování koloidní stability piva velice důležitá [15].



Obr. 26 Schéma vzniku koloidních zákalů

Z Obr. 26, princip vzniku koloidních zákalů, vyplývá, že existují dva základní způsoby, jak prodloužit dobu vzniku trvalého zákalu:

- vyloučit z piva látky, které zákal způsobují,
- eliminovat faktory, které vznik zákalů urychlují,
- kombinace obou způsobů.

Prakticky jsou proveditelné následující možnosti:

- omezení vzniku vysokomolekulárních bílkovin při výrobě,
- částečné oddělení vysokomolekulárních bílkovin nebo jejich enzymatické štěpení,
- částečné oddělení polyfenolů z piva při výrobě a během filtrace, případně jejich enzymatické štěpení,
- studené dokvašování,
- vyloučení oxidace piva při filtraci a stáčení,
- omezení možnosti působení solí těžkých kovů na pivo,
- šetrná manipulace a omezení přístupu světla.

Přehled nejdůležitějších technologických opatření, která vedou ke zlepšení koloidní stability piva:

- Suroviny – výběr odrůd ječmenů s jemnou pluchou, obsahem bílkovin pod 11 %, bez anthokyanogenů a se sníženým obsahem šťavelanů.
- Sladování – dlouhé a studené klíčení s dobrým rozluštěním sladu zakončené intenzivním hvozděním.
- Výroba mladiny – varní voda s nízkou zbytkovou alkalitou, dobré vymletí pluch sladu, krátké prodlevy štěpení bílkovin, dobré zcukření, šetrné vyslazování mláta, intenzivní chmelovar, mladina jiskrná s dobrým lomem, pH mladiny 5,1 – 5,2; dobré oddělení hrubých kalů a optimální oddělení jemných kalů.
- Kvašení – intenzivní provzdušnění mladiny, rychlý počátek kvašení, které je intenzivní při studeném vedení. Dokvašování nejméně 7 dnů při teplotách -2 až 0 °C před filtrací.
- Filtrace – vyloučení kontaktu piva se vzdušným kyslíkem a nepasivovanými kovy (s výjimkou nerezoceli).
- Stáčení – vyloučení kontaktu piva se vzdušným kyslíkem. Použití čistého CO₂ nebo N₂ jako inertního plynu [15].

Myšlenku, proč používat KF na sekundární filtraci lze podložit úvahou. Pivo z ležáckého sklepa je např. zatíženo 0,5 mil. kk. ml⁻¹ až 500 mil. kk. 1000 ml⁻¹ a dalším mikrobiálním zatížením. Po primární filtraci je snížen počet na 50 kk. 1000 ml⁻¹, což je 10⁷ krát méně, než bylo v původním nefiltrovaném pivu. Dále se sníží i celkové mikrobiální zatížení piva. Jestliže primární filtrace na KF dokázala snížit v uvedeném rozsahu uvedené zatížení, proč by s touto jistotou nemělo být při sekundární filtraci odstraněno z piva zbývající zatížení, jehož odstranění je podmínkou pro posunutí biologické trvanlivosti na úroveň, jakou požaduje trh.

Filtrační koláč vytváří jemně porézní vrstvu, která je schopna zachytit částice až do velikosti 0,1 μm, což je dostatečné pro docílení požadovaných parametrů u piva filtrovaného sekundární filtrací [46].

6.1.4 Analytický rozbor piva

K analytickým rozborům piva publikovaným v této diplomové práci byl použit analyzátor Alcoalyzer Plus Beer od firmy Anton Paar GmbH, který patří v současné době k základnímu vybavení pivovarské laboratoře.

Alcolyzer Plus Beer (Obr. 27) je založen na principu vysoce přesného, patentovaného NIR spektrometru, pomocí kterého se měří obsah alkoholu v pivu v koncentračním rozmezí 0 až 12 obj. %. V rámci volitelné výbavy je tento měřicí přístroj vybaven příslušenstvím pro měření barvy a pH. Hodnota barvy (EBC nebo ASBC) se stanovuje na principu absorpce světla. Pro stanovení pH se používá elektroda Hamilton (Polilyte Lab) nebo elektroda Orion (model 91-63). V kombinaci s hustoměrem Anton Paar DMA 4500/5000 a autosamplerem SP-1m, které jsou taktéž součástí zařízení, lze veškeré parametry pro analytické hodnocení výroby piva stanovit automaticky.

V příloze (P I) jsou uvedeny technická data přístroje Alcolyzer Plus Beer [33, 34].

Před samotným měřením jsme provedli odplynění vzorků piva podle předpisů MEBAK dle návodu:

- naplnili jsme jednolitrovou láhev do 1/3 pivem o teplotě v rozmezí 20 až 25 °C a uzavřeli skleněnou zátkou,
- láhev s pivem jsme třepali (Obr. 28), až se uvolnil tlak z bublin tak dlouho, dokud se žádný další tlak negeneroval,
- odplyněné pivo jsme přefiltrovali přes filtrační papír a nálevku zakryli hodinovým sklíčkem, přefiltrované pivo jsme přelili do skleněných kádinek a analyzovali. Dle doporučení výrobce jsme nepoužívali žádný přípravek na potlačení pěnivosti [32, 33].



Obr. 27 Alcolyzer Plus Beer [48]



Obr. 28 Třepačka [42]

6.1.5 Měření obsahu CO₂ v pivu

Během jednotlivých technologických kroků, tj. od dokvašování piva v ležáckých tancích po filtrační linku včetně, byl měřen obsah CO₂ v pivu. Pro toto měření byl použit přístroj Gehaltmeter (Obr. 29).

Přístroj pro stanovení obsahu CO₂ využívá principu Henryho zákona, obsah CO₂ se stanovuje pomocí měření rovnovážné hodnoty teploty a tlaku po mechanickém vytřepání CO₂ rozpuštěného v pivu [39, 40].

Obr. 29 Gehaltmeter CO₂ [40]

6.2 Výsledky a diskuze

V níže uvedených tabulkách jsou uvedeny výsledky analýzy vzorků jednotlivých druhů pív odebíraných během hlavního kvašení ve spilce, dozrávání v ležáckém sklepě a následném odběru vzorků pro porovnání u různých typů filtrace.

V návaznosti na fyzikálně-chemickou analýzu jsou v další stati zpracovány záznamy s technologickými daty průběhu filtrací.

Pro přehlednost a přiřazení (spárování) analýzy piva s technologickými daty jsou tabulky označeny, viz vzor (Tab. 5):

Tab. 5 *Vzorová tabulka přehlednosti značení*

Analytická data	Technologická data		
	SUF 352	FKS V 5	MMS filtrace
1A	1B	1C	1D
2A	2B	2C	2D
3A	3B	3C	3D
4A	4B	4C	4D
5A	-	5C	5D
6A	-	6C	6D
7A	7B	7C	7D
8A	8B	8C	8D

Pozn.: U vzorků 5 a 6 byla primární křemelinová filtrace praktikována na FKS V 5

6.2.1 Porovnání dat fyzikálně-chemické analýzy

V (Tab. 6) je seznam vzorků datumově po řadě tak, jak byly filtrovány a následně porovnávány. V tabulkách s výsledky analýzy (Tab. 7 až Tab. 14) je u spilky ve sloupci Pz uvedená hodnota měřená ručně sacharometrem. Nevyplněné výsledky v části tabulky nebyly měřeny, jelikož nebyly předmětem dané analýzy. Zákal [EBC]: na základě měření světla rozptýleného ve vzorku pod úhlem 90°/ 15°,

- úhel 90 ° – analýza jemných částic,
- úhel 15° – analýza hrubých částic.

Tab. 6 Seznam vzorků podrobených analýze

Vzorek	Druh piva	Sudováno	Filtrace	Doba ležení [den]
1	12 %	16. 8. 2010	7. 9. 2010	22
2	11 %	17. 8. 2010	13. 9. 2010	27
3	11 %	16. 8. 2010	21. 9. 2010	36
4	10 %	23. 8. 2010	18. 10. 2010	56
5	10 %	2. 8. 2010	20. 10. 2010	79
6	12 %	15. 9. 2010	21. 10. 2010	36
7	14 %	15. 9. 2010	25. 10. 2010	40
8	14 %	6. 10. 2010	15. 11. 2010	40

Tab. 7 Analytické znaky 12 %, vzorek 1A

Vzorek 1A	Spilka	Lež. sklep	SUF 352	FKS V 5	MMS
S [%]	12,35	12,26	12,15	12,08	12,06
Kvasnice	ČH-III	ČH-III	-	-	-
Počet buněk	19,00 mil.	2,50 mil.	0	0	0
Zákal [EBC]	-	14/ 84,2	0,37/ 0,08	0,34/ 0,11	0,32/ 0,16
Barva [EBC]	15,30	14,60	14,14	14,04	13,96
pH	4,63	4,72	4,71	4,72	4,70
CO ₂ [g. l ⁻¹]	-	4,90	4,80	4,70	4,70
Ps [%]	-	60,44	60,56	60,47	60,42
Pz [%]	68,00	74,88	75,02	74,14	74,08
Alc. [% hm.]	-	3,83	3,71	3,73	3,72
Alc. [% obj.]	-	4,90	4,75	4,77	4,76

Tab. 8 Analytické znaky 11 %, vzorek 2A

Vzorek 2A	Spilka	Lež. sklep	SUF 352	FKS V 5	MMS
S [%]	11,35	11,31	11,30	11,29	11,29
Kvasnice	B-I	B-I	-	-	-
Počet buněk	10,50 mil.	0,90 mil.	0	0	0
Zákal [EBC]	-	8,04/ 35,7	0,37/ 0,19	0,31/ 0,17	0,26/ 0,14
Barva [EBC]	12,10	12,95	12,65	12,60	12,55
pH	4,36	4,50	4,49	4,47	4,47
CO ₂ [g. l ⁻¹]	-	4,80	4,70	4,70	4,70
Ps [%]	-	61,72	61,65	61,51	61,47
Pz [%]	70,00	76,39	76,32	76,28	76,17
Alc. [% hm.]	-	3,59	3,58	3,57	3,57
Alc. [% obj.]	-	4,58	4,56	4,56	4,56

Tab. 9 Analytické znaky 11 %, vzorek 3A

Vzorek 3A	Spilka	Lež. sklep	SUF 352	FKS V 5	MMS
S [%]	11,30	11,28	11,29	11,28	11,28
Kvasnice	B-I	B-I	-	-	-
Počet buněk	18,00 mil.	1,40 mil.	0	0	0
Zákal [EBC]	-	5,05/ 19,5	0,38/ 0,11	0,33/ 0,27	0,28/ 0,22
Barva [EBC]	12,70	13,10	12,70	12,60	12,55
pH	4,47	4,50	4,45	4,43	4,41
CO ₂ [g. l ⁻¹]	-	5,2	5,1	5,1	5,1
Ps [%]	-	62,39	61,91	61,85	61,98
Pz [%]	70,00	77,27	76,78	76,75	76,83
Alc. [% hm.]	-	3,59	3,59	3,60	3,60
Alc. [% obj.]	-	4,59	4,59	4,60	4,60

Tab. 10 Analytické znaky 10 %, vzorek 4A

Vzorek 4A	Spilka	Lež. sklep	SUF 352	FKS V 5	MMS
S [%]	10,45	10,60	10,43	10,39	10,38
Kvasnice	B-II	B-II	-	-	-
Počet buněk	11,80 mil.	4,10 mil.	0,2/ 100 ml	0	0
Zákal [EBC]	-	25/ 205	0,45/ 0,18	0,32/ 0,16	0,21/ 0,11
Barva [EBC]	13,10	13,90	11,60	11,50	11,50
pH	4,44	4,72	4,52	4,55	4,57
CO ₂ [g. l ⁻¹]	-	6,80	6,80	6,70	6,70
Ps [%]	-	58,30	59,24	59,99	60,05
Pz [%]	70,00	72,26	73,42	74,34	74,43
Alc. [% hm.]	-	3,16	3,17	3,19	3,19
Alc. [% obj.]	-	4,04	4,05	4,07	4,07

Pozn.: Pivo bylo po 21 dnech v ležáckém sklepě kroužkováno.

Tab. 11 Analytické znaky 10 %, vzorek 5A

Vzorek 5A	Spilka	Lež. sklep	SUF 352	FKS V 5	MMS
S [%]	10,35	10,29	-	10,21	10,20
Kvasnice	ČH-I	ČH-I	-	-	-
Počet buněk	18,10 mil.	0,15 mil.	-	0	0
Zákal [EBC]	-	7,31/ 22,6	-	0,36/ 0,17	0,40/ 0,16
Barva [EBC]	11,80	12,00	-	11,45	11,30
pH	4,64	4,55	-	4,65	4,67
CO ₂ [g. l ⁻¹]	-	4,60	-	4,50	4,50
Ps [%]	-	62,90	-	62,81	61,37
Pz [%]	73,00	77,89	-	77,82	76,05
Alc. [% hm.]	-	3,29	-	3,28	3,22
Alc. [% obj.]	-	4,19	-	4,18	4,11

Pozn.: I. filtrace proběhla na filtru FKS V 5, sekundární filtrace přes MMS.

Tab. 12 Analytické znaky 12 %, vzorek 6A

Vzorek 6A	Spilka	Lež. sklep	SUF 352	FKS V 5	MMS
S [%]	12,25	12,24	-	12,15	12,17
Kvasnice	ČH-III	ČH-III	-	-	-
Počet buněk	10,1 mil.	0,21 mil.	-	0	0
Zákal [EBC]	-	6,12/ 23,8	-	0,27/ 0,16	0,27/ 0,18
Barva [EBC]	17,10	14,10	-	13,70	13,75
pH	4,75	4,74	-	4,69	4,70
CO ₂ [g. l ⁻¹]	-	4,80	-	4,80	4,80
Ps [%]	-	60,95	-	61,01	61,13
Pz [%]	68,00	75,49	-	75,57	75,73
Alc. [% hm.]	-	3,85	-	3,83	3,84
Alc. [% obj.]	-	4,93	-	4,90	4,91

Pozn.: I. filtrace proběhla na filtru FKS V 5, sekundární filtrace přes MMS.

Tab. 13 Analytické znaky 14 %, vzorek 7A

Vzorek 7A	Spilka	Lež. sklep	SUF 352	FKS V 5	MMS
S [%]	14,95	14,89	14,42	14,43	14,37
Kvasnice	B-III	B-III	-	-	-
Počet buněk	26,85 mil.	4,75 mil.	0	0	0
Zákal [EBC]	-	36,9/ 90	0,65/ 0,37	0,52/ 0,27	0,50/ 0,24
Barva [EBC]	20,10	18,50	16,05	15,80	15,80
pH	4,92	5,01	4,88	5,08	5,04
CO ₂ [g. l ⁻¹]	-	5,30	5,30	5,20	5,20
Ps [%]	-	59,57	59,99	60,12	60,00
Pz [%]	69,00	73,74	74,34	74,44	74,30
Alc. [% hm.]	-	4,54	4,53	4,54	4,51
Alc. [% obj.]	-	5,82	5,81	5,82	5,78

Tab. 14 Analytické znaky 14 %, vzorek 8A

Vzorek 8A	Spilka	Lež. sklep	SUF 352	FKS V 5	MMS
S [%]	15,15	14,68	14,71	14,61	14,61
Kvasnice	ČH-IV	ČH-IV	-	-	-
Počet buněk	5,10 mil.	0,55 mil.	0	0	0
Zákal [EBC]	-	3,35/ 12,9	0,45/ 0,28	0,33/ 0,21	0,33/ 0,12
Barva [EBC]	17,60	17,10	16,00	15,80	15,80
pH	5,02	5,11	4,81	4,86	4,88
CO ₂ [g. l ⁻¹]	-	5,30	5,30	5,20	5,20
Ps [%]	-	58,24	57,79	58,14	58,20
Pz [%]	65,70	72,14	71,58	72,03	72,08
Alc. [% hm.]	-	4,48	4,45	4,43	4,44
Alc. [% obj.]	-	5,75	5,72	5,70	5,71

6.2.2 Technologická data průběhu jednotlivých filtrací

V Tab. 15 až 19 jsou uvedeny základní technická data filtrační linky pivovaru Janáček [36, 37, 38]. Specifikace jednotlivých křemelin jsou uvedeny v příloze (P II) [41].

Popis filtrační linky: Ležácký tank, V= 50-270 [hl] → pufr tank, V= 20 [hl] → KF → Fe přetlačný tank, V= 150 [hl] → pufr tank, V= 6,1 [hl] → malý KF → pufr tank, V= 0,85 [hl] → nerez přetlačný tank, V= 150 [hl].

Doplňující informace: Filtrační linka je vybavena měřením čirosti SIGRIST, průtokoměrem BADGER METER, čerpadlem INOXPA včetně frekvenčního měniče.

Po výměně filtračních svíček u křemelinového filtru SUF 352 (9. 6. 2009), firma Destila Brno je mikrobiologický nález na kvasinky za KF většinou nulový, občas je hodnota mikrobiologického nálezu kvasinek do 10/ 100 ml.

V současné době je používána MMS filtrace a částečně i průtoková pasterace na lahvovně.

Tab. 15 *Technická data KF Destila SUF 352*

DESTILA SUF 352	Množství, velikost	Jednotky
Objem KF	20	[hl]
Filtrační plocha	27,05	[m ²]
Počet svíček	208	ks
Ø svíček	26	[mm]
Délka svíček	1592	[mm]
Dávkovač křemeliny-objem	450	[l]
Rychlost filtrace	170	[hl . h ⁻¹]
Objem kalového prostoru	474,40	[l]
Max. dávka křemeliny á cyklus	125	[kg]
Zfiltrované množství á cyklus	400-800	[hl]
Ø spotřeba křemeliny	135	[g . hl ⁻¹]
Ø spotřeba stabilizace	40	[g . hl ⁻¹]

Tab. 16 *Základní dávkování křemeliny pro SUF 352*

	DIFBO	CBL	Perlit	CBR3	Jednotky
1. náplav	12,50	0	0	0	[kg]
2. náplav	0	10	6,50	0	[kg]
Filtrace	5	0	0	10	[kg]

Obr. 30 *Filtrace piva [43]*

Tab. 17 *Technická data filtru Bílek filtry, FKS V 5*

FKS V 5	Množství, velikost	Jednotky
Objem KF	2,85	[hl]
Filtrační plocha	5	[m ²]
Počet svíček	47	ks
Ø svíček	30	[mm]
Délka svíček	1143	[mm]
Dávkovač křemeliny-objem	90	[l]
Rychlost filtrace	90	[hl . h ⁻¹]
Objem kalového prostoru	110	[l]
Max. dávka křemeliny á cyklus	33	[kg]
Zfiltrované množství á cyklus	150-500	[hl]
Ø spotřeba křemeliny	35	[g . hl ⁻¹]

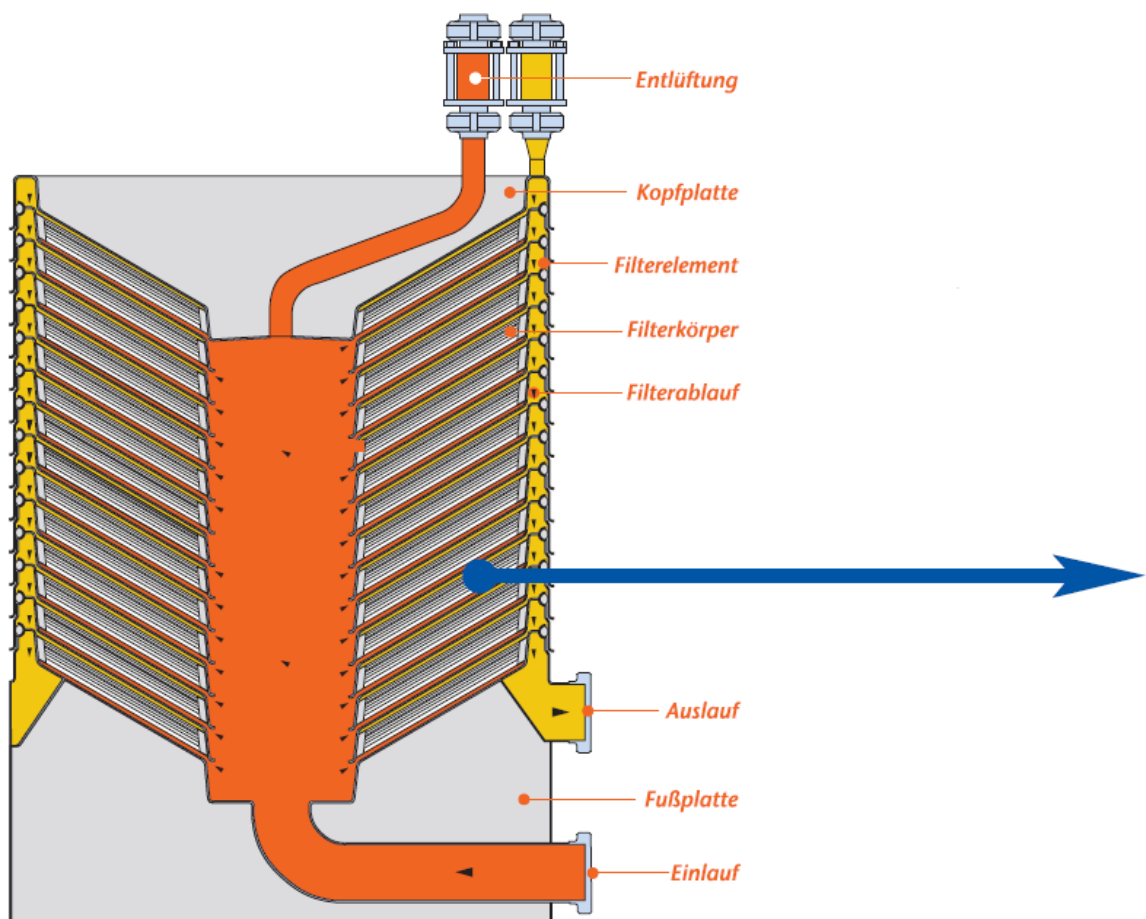
Tab. 18 *Základní dávkování křemeliny pro FKS V 5*

	DIFBO	CBL	Perlit	CBR3	Jednotky
1. náplav	4,00	0	0	0	[kg]
2. náplav	0	4,00	0	0	[kg]
Filtrace	0	1	0	1	[kg]

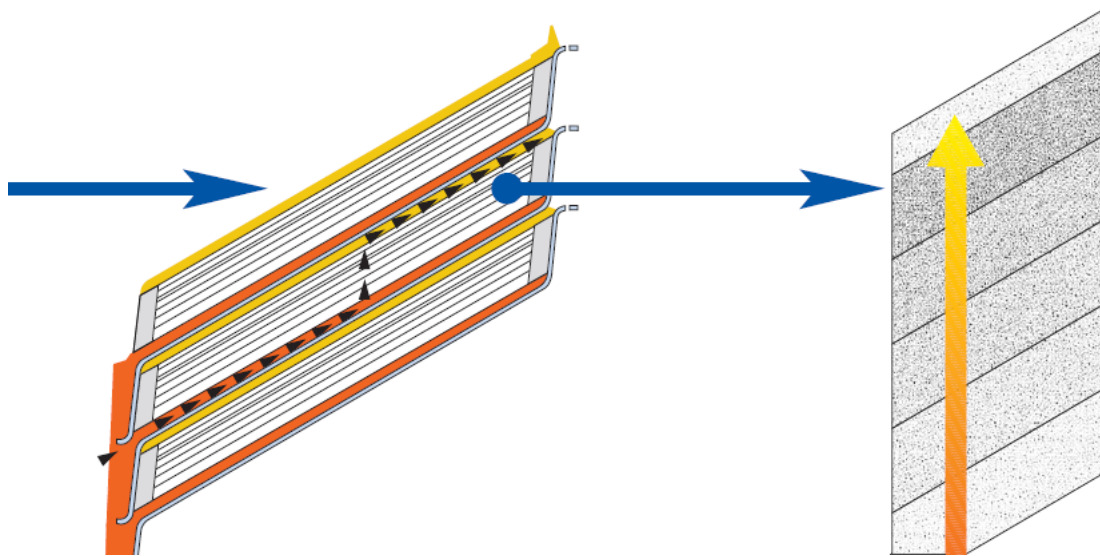
Obr. 31 *Sekundární křemelinový filtr [44]*

Tab. 19 Technická data Handtmann, MMS 070/ manuell

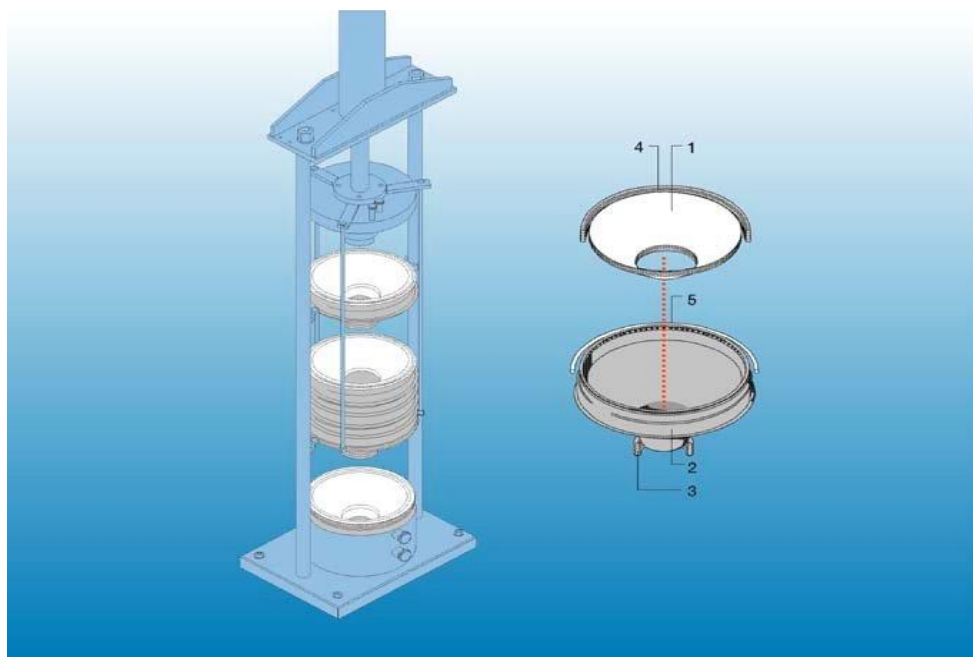
MMS 070/ manuell	Množství, velikost	Jednotky
Objem filtru	1,50	[hl]
Filtrační plocha	4,75	[m ²]
Počet filtračních elementů	18	ks
Rychlost filtrace	60	[hl . h ⁻¹]
Funkčnost filtračních elementů	10 000	[hl]



Obr. 32 Průřez filtrem MMS [45]



Obr. 33 Průřez filtračním elementem MMS [45]



Obr. 34 Vkládání filtračních elementů [45]



Obr. 35 MMS filtrace [47]

6.2.3 Porovnání technologických dat

Dle seřazení vzorků piv v tabulce 6 a v návaznosti na značení vzorové tabulky 5 jsou v následných tabulkách uvedena technologická data, která byla sledována u jednotlivých filtrací. Vzhledem k objemu dat jsou tabulky křemelinových filtrací jdoucích po sobě, řazeny dle datumu, sledované hodnoty MMS filtrace všech sledovaných vzorků obsáhne jedna tabulka (Tab. 34).

K porovnání technologických dat byly vybrány celodenní jednotlivé filtrace, kdy byly sledovány i analytické hodnoty uvedených piv. Tato piva, která byla současně analyzována, jsou v tabulkách (Tab. 20 až Tab. 33) tučně zvýrazněna.

Tab. 20 Průběh filtrace 12 %, vzorek 1B

Vzorek 1B	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	12,5			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	169,5
II. náplav	Perlit	6,5			Křem. [kg]	42,0
	CBL	10,0			Ø [g. hl ⁻¹]	96,8
Filtrace	DIFBO	5,0	Stabiquick	20,0	Stab. [kg]	20,0
	CBR3	8,0			Ø [g. hl ⁻¹]	46,1
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	0,75	11	128	2,8	2,6	0,2
	0,58	11	100	3,0	2,7	0,3
	0,65	12	106	3,0	2,7	0,3
	0,58	12	100	3,7	3,0	0,7
Celkem	2,56		434			0,7

Tab. 21 Průběh filtrace 12 %, vzorek 1C

Vzorek 1C	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	4,0			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	84,1
II. náplav	CBL	4,0			Křem. [kg]	10,0
					Ø [g. hl ⁻¹]	48,5
Filtrace	CBL	1,0	Stabiquick	-	Stab. [kg]	-
	CBR3	1,0			Ø [g. hl ⁻¹]	-
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	1,21	12	103	2,9	2,1	0,8
	1,24	12	103	3,8	2,9	0,9
Celkem	2,45		206			0,9

Tab. 22 Průběh filtrace 11 %, vzorek 2B

Vzorek 2B	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	12,5			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	168,3
II. náplav	Perlit	6,5			Křem. [kg]	49,0
	CBL	10,0			Ø [g. hl ⁻¹]	70,0
Filtrace	CBL	10,0	Stabiquick	30,0	Stab. [kg]	30,0
	CBR3	10,0			Ø [g. hl ⁻¹]	42,9
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	1,34	11	230	2,8	2,6	0,2
	1,32	10	230	4,0	2,8	1,2
	0,62	11	100	4,8	2,8	2,0
	0,88	11	140	5,6	2,8	2,8
Celkem	4,16		700			2,8

Tab. 23 Průběh filtrace 11 %, vzorek 2C

Vzorek 2C	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	4,0			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	83,3
II. náplav	CBL	4,0			Křem. [kg]	10,0
					Ø [g. hl ⁻¹]	66,7
Filtrace	CBL	1,0	Stabiquick	-	Stab. [kg]	-
	CBR3	1,0			Ø [g. hl ⁻¹]	-
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	1,80	11	150	2,6	2,1	0,5
Celkem	1,80		150			0,5

Tab. 24 Průběh filtrace 11 %, vzorek 3B

Vzorek 3B	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	12,5			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	169,0
II. náplav	Perlit	6,5			Křem. [kg]	45,0
	CBL	10,0			Ø [g. hl ⁻¹]	96,2
Filtrace	CBL	8,0	Stabiquick	20,0	Stab. [kg]	20,0
	CBR3	8,0			Ø [g. hl ⁻¹]	42,7
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	0,62	8	106	2,9	2,6	0,3
	0,63	11	112	2,9	2,6	0,3
	1,19	11	200	4,0	2,6	1,4
	0,33	11 PTM.	50	4,2	2,8	1,4
Celkem	2,77		468			1,4

Tab. 25 Průběh filtrace 11 %, vzorek 3C

Vzorek 3C	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	4,0			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	78,9
II. náplav	CBL	4,0			Křem. [kg]	10,0
					Ø [g. hl ⁻¹]	66,7
Filtrace	CBL	1,0	Stabiquick	-	Stab. [kg]	-
	CBR3	1,0			Ø [g. hl ⁻¹]	-
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	1,09	11	110	3,3	2,1	1,2
	0,81	10	70	3,4	2,2	1,2
Celkem	1,90		150			1,2

Tab. 26 Průběh filtrace 10 %, vzorek 4B

Vzorek 4B	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	12,5			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	167,1
II. náplav	Perlit	6,5			Křem. [kg]	59,0
	CBL	10,0			Ø [g. hl ⁻¹]	69,2
Filtrace	CBL	10,0	Stabiquick	40,0	Stab. [kg]	40,0
	CBR3	20,0			Ø [g. hl ⁻¹]	46,9
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	1,57	10	270	4,2	2,6	1,6
	2,83	11	460	5,2	3,8	1,4
	0,35	11 PTM.	60	5,4	3,8	1,6
	0,35	8	62	5,4	3,8	1,6
Celkem	5,10		852			1,6

Tab. 27 Průběh filtrace 10 %, vzorek 4C

Vzorek 4C	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	4,0			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	71,4
II. náplav	CBL	4,0			Křem. [kg]	11,0
					Ø [g. hl ⁻¹]	44,0
Filtrace	CBL	1,5	Stabiquick	-	Stab. [kg]	-
	CBR3	1,5			Ø [g. hl ⁻¹]	-
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	1,05	10	100	2,8	1,8	1,0
	2,45	11	150	3,6	2,4	1,2
Celkem	3,50		250			1,2

Tab. 28 Průběh filtrace 10 %, vzorek 5C

Vzorek 5C	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	FKS V 5	Druh	[kg]	Druh		
I. náplav	DIFBO	4,0			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	52,4
II. náplav	CBL	4,0			Křem. [kg]	10,0
					Ø [g. hl ⁻¹]	181,8
Filtrace	CBL	1,0	Stabiquick	2,0	Stab. [kg]	2
		CBR3	1,0		Ø [g. hl ⁻¹]	36,4
Průběh filtrace	Doba	Sacharizace	Objem	Tlak [MPa]		
	[hod.]	[S %]		[hl]	Vstup	Výstup
	1,05	10	55	4,8	1,6	3,2
Celkem	1,05		55			3,2

Tab. 29 Průběh filtrace 12 %, vzorek 6C

Vzorek 6C	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	FKS V 5	Druh	[kg]	Druh		
I. náplav	DIFBO	4,0			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	50,6
II. náplav	CBL	4,0			Křem. [kg]	14,0
					Ø [g. hl ⁻¹]	70,0
Filtrace	CBL	3,0	Stabiquick	2,0	Stab. [kg]	2
		CBR3	3,0		Ø [g. hl ⁻¹]	36,4
Průběh filtrace	Doba	Sacharizace	Objem	Tlak [MPa]		
	[hod.]	[S %]		[hl]	Vstup	Výstup
	1,60	10	100	2,3	1,6	0,7
	2,35	12	100	4,8	2,4	2,4
Celkem	3,95		200			2,4

Tab. 30 Průběh filtrace 14 %, vzorek 7B

Vzorek 7B	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	12,5			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	167,7
II. náplav	Perlit	6,5			Křem. [kg]	54,0
	CBL	10,0			Ø [g. hl ⁻¹]	69,2
Filtrace	CBL	10,0	Stabiquick	35,0	Stab. [kg]	35,0
	CBR3	15,0			Ø [g. hl ⁻¹]	44,9
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	2,54	11	436	4,5	2,6	1,9
	0,76	14	119	4,6	2,6	2,0
	1,35	10	225	4,8	2,6	2,2
Celkem	4,65		780			2,2

Tab. 31 Průběh filtrace 14 %, vzorek 7C

Vzorek 7C	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	4,0			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	77,3
II. náplav	CBL	4,0			Křem. [kg]	11,0
					Ø [g. hl ⁻¹]	32,4
Filtrace	CBL	1,5	Stabiquick	-	Stab. [kg]	-
	CBR3	1,5			Ø [g. hl ⁻¹]	-
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	2,25	11	200	2,6	2,0	0,6
	0,85	14	60	3,8	2,2	1,6
	1,30	10	80	4,0	2,4	1,6
Celkem	4,40		340			1,6

Tab. 32 Průběh filtrace 14 %, vzorek 8B

Vzorek 8B	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	12,5			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	168,8
II. náplav	Perlit	6,5			Křem. [kg]	54,0
	CBL	10,0			Ø [g. hl ⁻¹]	85,3
Filtrace	CBL	15,0	Stabiquick	30,0	Stab. [kg]	30,0
	CBR3	10,0			Ø [g. hl ⁻¹]	47,4
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	1,65	10	280	3,4	2,6	0,8
	0,80	14	128	4,5	3,4	1,1
	1,30	12	225	5,8	2,8	3,0
Celkem	3,75		633			3,0

Tab. 33 Průběh filtrace 14 %, vzorek 8C

Vzorek 8C	Křemelina		Stabilizace		Sumárum	
	Druh	[kg]	Druh	[kg]		
I. náplav	DIFBO	4,0			Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	75,0
II. náplav	CBL	4,0			Křem. [kg]	10,5
					Ø [g. hl ⁻¹]	41,2
Filtrace	CBL	1,0	Stabiquick	-	Stab. [kg]	-
	CBR3	1,5			Ø [g. hl ⁻¹]	-
Průběh filtrace	Doba [hod.]	Sacharizace [S %]	Objem [hl]	Tlak [MPa]		
				Vstup	Výstup	Rozdíl _{max.}
	0,70	12	60	3,0	2,2	0,8
	1,75	14	125	3,8	3,0	0,8
	0,95	10	70	4,4	3,2	1,2
Celkem	3,40		255			1,2

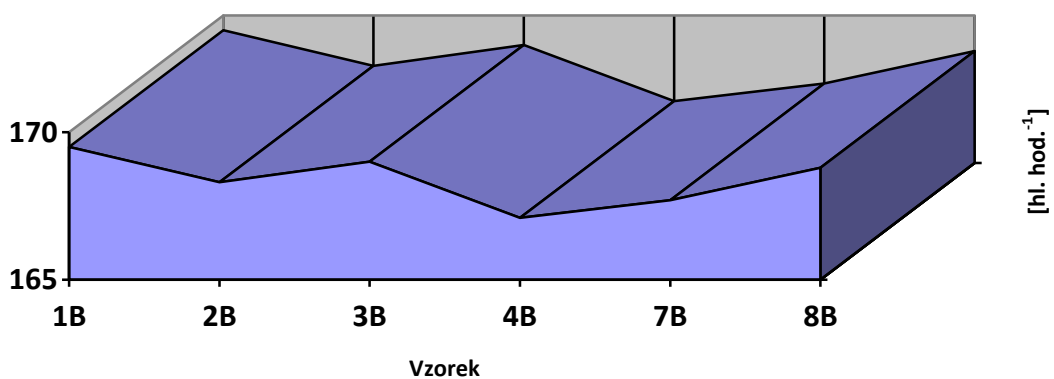
Tab. 34 Průběh filtrací na MMS

Vzorek	Datum filtrace	Doba [hod.]	Sachar. [S%]	Objem [hl]	Ø výkon [hl. hod. ⁻¹]	Tlak [MPa]		
						Vstup	Výstup	Rozdíl
1D	7.9.	6,20	10, 11, 12	340	54,8	1,7	1,2	0,5
2D	13.9.	5,00	11 , 10	285	57,0	1,6	1,2	0,4
3D	21.9.	4,95	8, 11 , 10	280	56,6	1,7	1,3	0,4
4D	18.10.	8,10	10 , 11	400	49,4	1,8	1,4	0,4
5D	20.10.	4,85	11, 10	265	54,6	1,7	1,3	0,4
6D	21.10.	4,90	12 , 11	255	52,0	1,9	1,3	0,6
7D	25.10.	8,20	11, 14 , 10	400	48,8	2,0	1,4	0,6
8D	15.11.	5,85	12, 14 , 10	340	58,1	1,2	0,8	0,4

Pozn.: Tučně zvýrazněné je označeno analyticky sledované pivo

Tab. 35 Porovnání průměrných rychlostí sledovaných filtrací na SUF 352

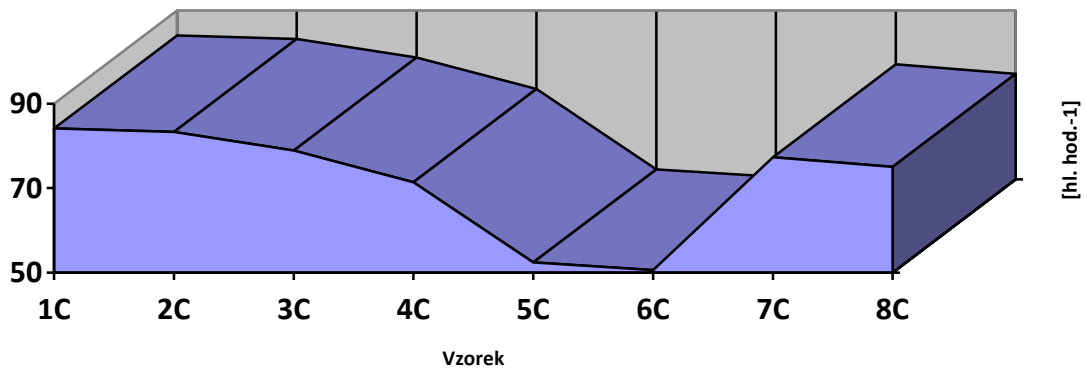
Vzorek	1B	2B	3B	4B	7B	8B
[hl. hod. ⁻¹]	169,5	168,3	169,0	167,1	167,7	168,8



Obr. 36 Průměrná rychlost křemelinové filtrace SUF 352

Tab. 36 Porovnání průměrných rychlostí sledovaných filtrací na FKS V 5

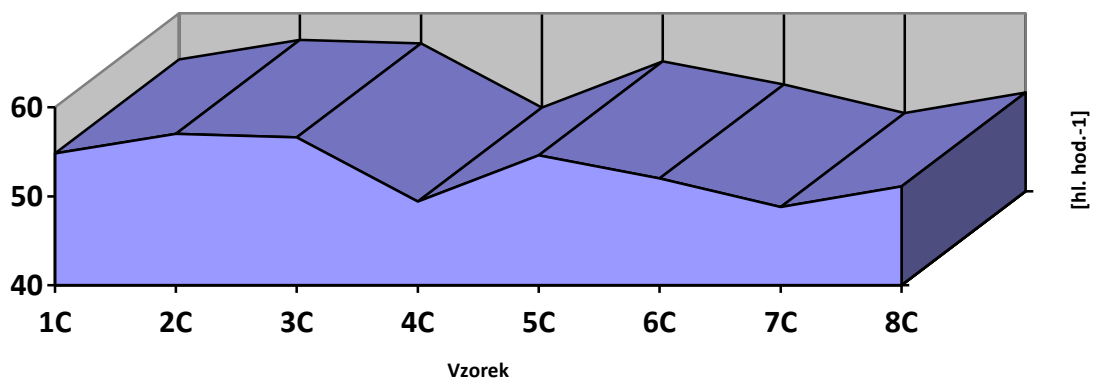
Vzorek	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C
[hl. hod. ⁻¹]	84,1	83,3	78,9	71,4	52,4	50,6	77,3	75,0



Obr. 37 Průměrná rychlost křemelinové filtrace FKS V 5

Tab. 37 Porovnání průměrných rychlostí sledovaných filtrací na MMS

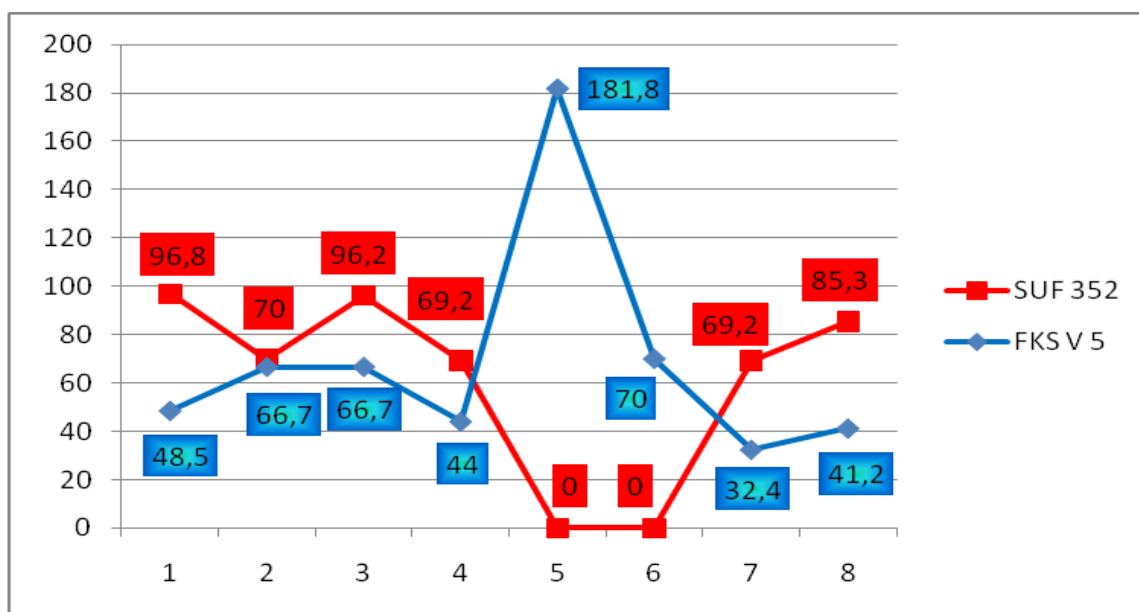
Vzorek	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C
[hl. hod. ⁻¹]	54,8	57,0	56,6	49,4	54,6	52,0	48,8	51,1



Obr. 38 Průměrná rychlost MMS filtrace

Tab. 38 Porovnání průměrné spotřeby křemeliny filtrací na SUF 352 a FKS V 5

Vzorek		1	2	3	4	5	6	7	8
B	[g. hl ⁻¹]	96,8	70,0	96,2	69,2	0	0	69,2	85,3
C	[g. hl ⁻¹]	48,5	66,7	66,7	44,0	181,8	70,0	32,4	41,2



Obr. 39 Grafické porovnání spotřeby křemeliny na SUF 352 a FKS V 5

6.2.4 Diskuze k naměřeným výsledkům

Při mikrobiologických rozborech jsme se omezili pouze na stanovení celkového počtu kvasinek v mladém pivu těsně před sudováním, následně v pivu z ležáckého tanku před samotnou filtrací a po filtraci. Vlivem sedimentační schopnosti pivovarských kvasinek došlo k podstatnému snížení rozptýlených kvasničných buněk, což se evidentně projevilo na filtrovatelnosti piva.

Ze zjištěného počtu obsahu kvasinek před křemelinovou filtrací vyplývá vliv na tlakový rozdíl průběhu filtrace. Potvrdila se skutečnost, že s vyšším zatížením stoupá tlak, zvyšuje se tlakový rozdíl. Z ekonomického hlediska stoupá spotřeba křemeliny. V (Tab. 38) a v navazujícím grafu (Obr. 39) je u vzorku 4 tato spotřeba částečně eliminována větším hektolitrovým objemem filtrace v daném dni. Evidentní nárůst spotřeby kře-

meliny byl zjištěn u vzorku 5. Porovnáním bylo zjištěno, že jako primární filtrace byla praktikována filtrace na filtru FKS V 5, který je používán především k účelu sekundární filtrace. Navíc se v tento den na uvedeném zařízení filtrovalo velmi malé množství, 55 hl, což se jeví jako neekonomické.

Z hlediska porovnávání analytických hodnot sledovaných piv, které jsou uvedeny v tabulkách (Tab. 7) až (Tab. 14) jsme došli k závěru, že při dodržování technologických postupů a tzv. protlaček mezi druhy piv, nemají jednotlivá filtrační zařízení podstatný vliv na stupňovitost a obsah alkoholu. U obsahu CO₂ v pivu nebyly zaznamenány rozdíly během filtrací. K výraznějšímu poklesu barvy [EBC] došlo mezi ležáckým sklepem a primární filtrací. Mezi jednotlivými druhy filtrů zůstal následně rozdíl v barvě zanedbatelný.

Podobný výsledek je možno konstatovat i při zjištěných hodnotách zákalů. Při první filtraci dochází k rapidnímu snížení těchto hodnot [EBC], u následných filtrací zůstala čírost piva téměř neměnná.

Na základě zjištěných technologických hodnot během různých druhů filtrace jsme došli k následnému závěru. Díky čerpadlu s frekvenčním měničem u SUF 352 je rychlost filtrace téměř konstantní (viz Obr. 36). Při vyšším zatížení kvasinkami, vyšší hodnotou zákalu stoupá rozdíl tlaků rychleji, rychlost zůstává téměř stejná. U křemelinového filtru FKS V 5, který byl použit jako primární filtrační jednotka, byla zjištěna při vyšších vstupních hodnotách zákalu a kvasinek nižší průměrná rychlost filtrace, což je evidentní z grafu na (Obr. 37) u vzorku 5 a 6. U MMS filtrace souvisí nižší průměrný výkon s vyšším množstvím piva určenému k filtraci v jednodenním cyklu (Obr. 38).

ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byla porovnávána analytická a technologická data u 10 %, 11 %, 12 % a 14 % piva, která byla naměřena v průběhu filtrace na jednotlivých typech filtrů, SUF 352, FKS V 5 a MMS. Při našem experimentu jsme se zaměřili především na množství kvasničných buněk a hodnoty zákalů vstupujících na filtrační linku a jejich vliv na průběh filtrace. Dále byla sledována barva piva, sacharizace, prokvašení, alkohol, pH, CO₂, spotřeba filtrační křemeliny, nárůst tlaků a rychlost filtrace.

V diplomové práci byla popsána filtrační linka a náležitější technická data, specifikace používaných filtračních materiálů, u jednotlivých filtrů základní náplav a dávkování křemelin při filtraci piva. Jsou zde popsány laboratorní přístroje i laboratorní postupy, které byly použity ke zjištění výsledků nutných k vyhodnocení experimentu.

Veškerá pozorování a analytické rozbory byly provedeny ve výrobním provozu a následně v laboratoři pivovaru Janáček. Analýza piva byla měřena za pomoci běžně dostupných metod mikrobiologické a instrumentální laboratorní analýzy. Naměřené výsledky fyzikálně-chemické analýzy včetně technologických dat byly zpracovány do přehledných tabulek a grafů s následným vyhodnocením a diskuzí.

Závěrem lze dle zjištěných výsledků konstatovat dobrou funkčnost filtrační linky. Z hlediska doporučení bych navrhl využít jako sekundární filtraci pouze jeden z filtrů, FKS V 5 nebo MMS. Provozovat sekundární a ještě terciální filtraci se zdá být v tomto případě neekonomické a neefektivní. U křemelinových filtrací bych navrhoval, v případě vhodných vstupních podmínek, filtrovat větší objemy piva v jednom cyklu (dni), a to z důvodu úspory filtrační křemeliny, vody, energie i sanitačních prostředků.

Předpokládám, že by tato diplomová práce mohla být pro pivovar Janáček přínosem a to ve smyslu přehodnocení současné filtrační praxe, tj. třech filtrací po sobě. Samotné rozhodnutí je na managementu pivovaru Janáček, zda, a jakým způsobem se rozhodne, využít zkoumání a výsledků této práce v praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BASAŘOVÁ, G., ŠAVEL, J., BASAŘ, P., LEJSEK, T. *Pivovarství, teorie a praxe výroby piva*, VŠCHT, Praha 2010. 904 s. ISBN 978-80-7080-734-7
- [2] KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. a kolektiv autorů. *Technologie výroby sladu a piva*, VÚPS, a.s., Praha 2000. 398 s. ISBN 80-902658-6-3.
- [3] BASAŘOVÁ, G., ČEPIČKA, J. *Sladařství a pivovarství*, SNTL, Praha 1986. 256 s. 05-080-86.
- [4] HLAVÁČEK, F., LHOTSKÝ, A. *Pivovarství*. 2. vyd. SNTL, Nakladatelství technické literatury, n. p., Praha 1972. 540 s. 04-827-72.
- [5] BASAŘOVÁ, G., HLAVÁČEK, I. *České pivo*, NUGA, Pacov 1999. 231 s. ISBN 80-85903-08-3.
- [6] SLÁDEK, J. *Kde se pivo vaří*, SEZAM, Praha 1992. 80 s. ISBN 80-900186-6-1.
- [7] TVRDOŇ, M., BÁLEŠOVÁ, B. *Kvasná mikrobiologie*, SNTL, Praha 1986. 168 s. 04-818-86.
- [8] MICROBEWIKI. Saccharomyces. [online]. [cit. 2011-02-16, 20:30 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Saccharomyces>
- [9] STRETZ, D., HUTZLER, M., GRAMMER, M., MÜLLER-AUFFERMANN, K., NEIDERBANGER, H., COTTERCHIO, D., JACOB, F.: Qualitätssicherung beginnt bei der Hefeanzucht. *Brauwelt* 150, 2010, č. 36, s. 1080-1083.
- [10] DANĚK, J., FERKL, P., PROCHÁZKA, S. *Technologie pro 4. ročník potravinářské technologie - obor kvasná technologie*, SNTL, Praha 1982. 1. vyd. 241 s. ISBN neuvedeno.
- [11] SIEBERT, K. J.: The Effect of Beer pH on Colloidal Stability and Stabilization - A Review and Recent Findings. *Technical Quarterly Master Brewers Association of the Americas* 47 (2), 2010, doi: 10.1094/TQ-47-2-0607-01.
- [12] WITHOUCK, H., BOEYKENS, A., JASKULA, B., GOIRIS, K., DE ROUCK, G., HUGELIER, C., AERTS, G.: Upstream Beer Stabilisation during Wort Boiling by Addition of Gallotannins and/or PVPP. *BrewingScience* 63 (1/2), 2010, s. 14-22.

- [13] BUDĚJOVICKÝ BUDVAR. Varna [online]. [cit. 2011-02-17, 19:30 SEČ]. Dostupný z WWW: [http://www.budejovickybudvar.cz/galerie/jak se vari budvar.html?fotka=1#restricted Content](http://www.budejovickybudvar.cz/galerie/jak_se_vari_budvar.html?fotka=1#restrictedContent)
- [14] BERTHE, A.: Sauerstoffanalyse im Brauprozess. *Brauwelt* 150, 2010, č. 31-32, s. 960-962.
- [15] VASIL, J. *Filtrace piva a jeho mikrobiologická kontrola, vliv na trvanlivost a koloidní stabilitu piva*. FT UTB, 2009. 61 s. Bakalářská práce. Bakalářská práce byla obhájena na Technologické fakultě Univerzity Tomáše Bati.
- [16] KAHLER, M., VOBORSKÝ, J. *Filtrace piva*, SNTL, Praha 1981. 304 s. 04-833-81
- [17] BRAUN, F., BECKER, T., BACK, W., KROTTENTHALER, M.: An Overview of Beer Filtration Using Cellulose Fibers. *Brauwelt International*, 28 (3), 2010, s. 134-137.
- [18] COOTE, N.: New Filter Aid with the Properties of Silica Gel and Kieselguhr Helps Reducing Costs. *Brauwelt International*, 28 (3), 2010, s. 156-158.
- [19] LITZENBURGER, K.: Practical Experience with Filtration and Stability, *Brauwelt International*, 28(3), 2010, s. 130-133.
- [20] KOCKOVÁ-KRATOCHVÍLOVÁ, A., TOMÁŠEK K., ONDRÍŠEKOVÁ M. *Biologická kontrola výroby piva a nealkoholických nápojov*, ALFA, Bratislava 1980. 336 s. 63-158-80.
- [21] KRÉBES, T., SÁSIK, M. *Sanitácia v potravinárstve A - Z*, ALFA, Bratislava 1978. 188 s. 63-126-78.
- [22] LHOTSKÝ, A. *Technická kontrola sladařské a pivovarské výroby*, SNTL, Praha 1957. 356 s. L18 – B2-3-II.
- [23] BENDO VÁ, O., KOLPAKČI, A., P. *Pokroky v technologii sladu a piva*, SNTL, Praha 1982. 316 s. L18 – B3-IV-41/82232.
- [24] FZP.UJEP.cz. *Bürkerova komůrka* [online]. [cit. 2011-02-17, 21:00 SEČ]. Dostupný z WWW: fzp.ujep.cz/~trol/1MIKR15Metody.ppt
- [25] TVRDOŇ, M. *Biologie II pro 2. ročník SPŠ potravinářských*, SNTL, Praha 1986. 192 s. 04-836-86.

- [26] ŠAVEL, J. *Mikrobiologická kontrola v pivovarech*, SNTL, Praha 1980. 184 s. 04-822-80.
- [27] VŠCHT. *Rozbory sladu a piva* [online]. [cit. 2011-02-17, 21:30 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://www.vscht.cz/kch/download/sylaby/tc-piv12.pdf>
- [28] WIKISKRIPTA.EU. *Bürkerova komůrka* [online]. [cit. 2011-02-16, 19:00 SEČ]. Dostupný z WWW: http://www.wikiskripta.eu/images/thumb/c/c4/Burkerova_komurka.JPG
- [29] SLADKÝ, P., DIENSTBIER, M. *Zákaloměr MZN*, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, KCHF, Praha. 34 s. ISBN nevedeno.
- [30] VANČURA, M., BEDNÁŘ, J., KAHLER, M., KAREL, V., LHOTSKÝ, A., ŠAUER, Z., ŠTEKER, K. *Pivovarsko-sladařská analytika*, SNTL, Praha 1966. 312 s. 04-823-66
- [31] BASAŘOVÁ, G. a kolektiv autorů. *Pivovarsko-sladařská analytika 3*, MERKANTA, Praha 1993. 332 s. ISBN nevedeno.
- [32] MEBAK. *Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommision* [online]. [cit. 2011-02-16, 20:00 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://www.mebak.org/index-e.php>
- [33] ANTON PAAR, *Alcolyzer Plus Beer*, Anton Paar GmbH, Graz, Austria 2008. 79 s. ISBN nevedeno.
- [34] ANTON PAAR, *Alcolyzer Beer ME* [online]. [cit. 2011-02-16, 21:30 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://www.anton-paar.cz/?p=produkt&lng=cs&pid=alcolyzerbeerme>
- [35] MOŠTEK, J. *Sladařství*, SNTL, Praha 1975. 480 s. 04-815-75
- [36] DESTILA, *Návod k obsluze svíčkových naplavovacích filtrů*, Destila, Brno. 15 s. ISBN nevedeno.
- [37] BÍLEK, FILTRY, *Návod k obsluze svíčkového naplavovacího filtru*, Bílek Filtry, Josefov. 12 s. ISBN nevedeno.
- [38] HANDTMANN, A., *Návod k obsluze Systém Multi Micro*, Albert Handtmann Armaturenfabrik GmbH & Co. KG-Filtration, Biberach, Deutschland 2008. 60 s. ISBN nevedeno

- [39] 1-CUBE. *CO₂ měřicí přístroje* [online]. [cit. 2011-02-16, 23:00 SEČ]. Dostupný z WWW:
<http://www.1-cube.com/pristroj-pro-mereni-co2-v-sycenych-napojich-balenych-do-plastovych-lahvi-typ-ics-35.html?zobrazdetail=1&idclankunovinka=62>
- [40] IRMECO. *Przenośny analizator zawartości CO₂ w piwie firmy HAFFMANS* [online]. [cit. 2011-02-16, 23:30 SEČ]. Dostupný z WWW:
http://www.irmeco.com.pl/katalog/6/przenosny_analizator_zawartosci_.htm
- [41] DIATOMACEOUS. *Specifikace křemelin Clarcel*. Archív pivovaru Janáček.
- [42] I-LABO. *Laboratorní technika* [online]. [cit. 2011-02-17, 17:00 SEČ]. Dostupný z WWW:
http://www.ilabo.cz/www/images/stories/produkty/obr_gerhardt/nor/trepacky.jpg
- [43] DESTILA. CZ. *Filtrace* [online]. [cit. 2011-02-17, 17:00 SEČ]. Dostupný z WWW:
<http://www.destila.cz/produkty/filtry/filtry-typu-fks-010---1000.html>
- [44] FILTRACE. COM. *Filtrační sestava* [online]. [cit. 2011-02-17, 17:45 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://www.filtrace.com/cz/?filtry=img&src=linky/linka8jan.jpg>
- [45] HANDTMANN.DE. *MMS prospekt* [online]. [cit. 2011-02-17, 18:15 SEČ]. Dostupný z WWW:
http://www.handtmann.de/fileadmin/Daten/Armaturenfabrik/Filtration_und_Separation/MMS_Prospekt_deu.pdf
- [46] BRAUNER, J. Praktické zkušenosti se sekundární filrací piva na křemelinovém filtru v pivovaru Janáček, a.s. *Kvasný průmysl*. Praha: VÚPS, 2003, roč. 49. č. 4, s. 96 - 97. ISSN 0023-5830.
- [47] P. A. F. *Studená sterilace-MMS filtrace* [online]. [cit. 2011-02-17, 19:00 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://www.pafpraha.cz/sortiment/01-mms-filtr-stredni.php>
- [48] VLASTNÍ ZDROJ. *Archív autora*
- [49] MICROBEWIKI. *Diagram of life cycle cell* [online]. [cit. 2011-02-16, 20:30 SEČ]. Dostupný z WWW: <http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/File:Life1.jpg>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Alc	Alkohol
ASBC	Americká asociace pivovarských chemiků (American Society of Brewing Chemists)
CKT	Cylindrokónický tank
EBC	Evropská pivovarská konvence (European Brewery Convention)
FKS	Typové označení filtru
KEG	Typ sudu
KF	Křemelinová filtrace
NAD	Nikotin adenin dinukleotid
OPT	Optimální
PCR	Analytická metoda - polymerázová řetězová reakce
PET	Polyetylentereftalát
pH	Záporný dekadický logaritmus číselné hodnoty koncentrace H^+ iontů v roztoku
Ps	Prokvašení skutečné
PVPP	Polyvinylpyrrolidon
Pz	Prokvašení zdánlivé
rH	Oxidoredukční potenciál piva
S	Stupňovitost, sacharizace
SUF	Typové označení filtru
SUŠ	Sušina
TZV	Tak zvaný
VAR	Variabilní, odchylnost od normálu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>Posuvná hromada</i>	17
Obr. 2 <i>Kruhové klíčidlo</i>	17
Obr. 3 <i>Sladovna Kroměříž</i>	19
Obr. 4 <i>Chmel otáčivý</i>	23
Obr. 5 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	24
Obr. 6 <i>Životní cyklus kvasinek [49]</i>	25
Obr. 7 <i>Příklady rmutovacích postupů</i>	28
Obr. 8 <i>Varna pivovaru</i>	31
Obr. 9 <i>Spilka - hlavní kvašení [48]</i>	33
Obr. 10 <i>Ležácký sklep - dokvašování piva [48]</i>	35
Obr. 11 <i>Lahvovna [48]</i>	36
Obr. 12 <i>Stáčírna KEG sudů [48]</i>	36
Obr. 13 <i>Rozmezí velikosti koloidních částic a pórů filtrační přepážky</i>	39
Obr. 14 <i>Porovnání povrchové a hloubkové filtrace</i>	41
Obr. 15 <i>Filtrační svíčka</i>	44
Obr. 16 <i>Deskový naplavovací filtr NIRO</i>	47
Obr. 17 <i>Naplavovací svíčkový filtr (řez)</i>	47
Obr. 18 <i>Filtrační svíčka</i>	48
Obr. 19 <i>Filtrační modul (fa SeitzSchenk Filtersystems)</i>	48
Obr. 20 <i>Navíjené membrány (fa SeitzSchenk, Bad Kreuznach)</i>	49
Obr. 21 <i>Počítací síť Bürkerovi komůrky</i>	53
Obr. 22 <i>Kvasinky pod mikroskopem v Bürkerově komůrce</i>	54
Obr. 23 <i>Zákaloměr MZN - 93 - MC2</i>	56
Obr. 24 <i>Elektronická část zákaloměru</i>	56
Obr. 25 <i>Schéma uspořádání optické části zákaloměru MZN</i>	57
Obr. 26 <i>Schéma vzniku koloidních zákalů</i>	58
Obr. 27 <i>Alcolyzer Plus Beer [48]</i>	60
Obr. 28 <i>Třepačka [42]</i>	61
Obr. 29 <i>Gehaltmeter CO₂ [40]</i>	61
Obr. 30 <i>Filtrace piva [43]</i>	68
Obr. 31 <i>Sekundární křemelinový filtr [44]</i>	69

Obr. 32 Průřez filtrem MMS [45]	70
Obr. 33 Průřez filtračním elementem MMS [45]	71
Obr. 34 Vkládání filtračních elementů [45]	71
Obr. 35 MMS filtrace [47]	72
Obr. 36 Průměrná rychlost křemelinové filtrace SUF 352	80
Obr. 37 Průměrná rychlost křemelinové filtrace FKS V 5.....	81
Obr. 38 Průměrná rychlost MMS filtrace	81
Obr. 39 Grafické porovnání spotřeby křemeliny na SUF 352 a FKS V 5	82

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 <i>Chemické složení obilky</i>	15
Tab. 2 <i>Vztahy mezi různými způsoby vyjádření celkové „tvrdosti vody“</i>	21
Tab. 3 <i>Tvrdość vody</i>	21
Tab. 4 <i>Granulometrické složení filtračních křemelin podle firemních údajů</i>	43
Tab. 5 <i>Vzorová tabulka přehlednosti značení</i>	62
Tab. 6 <i>Seznam vzorků podrobených analýze</i>	63
Tab. 7 <i>Analytické znaky 12 %, vzorek 1A</i>	63
Tab. 8 <i>Analytické znaky 11 %, vzorek 2A</i>	64
Tab. 9 <i>Analytické znaky 11 %, vzorek 3A</i>	64
Tab. 10 <i>Analytické znaky 10 %, vzorek 4A</i>	65
Tab. 11 <i>Analytické znaky 10 %, vzorek 5A</i>	65
Tab. 12 <i>Analytické znaky 12 %, vzorek 6A</i>	66
Tab. 13 <i>Analytické znaky 14 %, vzorek 7A</i>	66
Tab. 14 <i>Analytické znaky 14 %, vzorek 8A</i>	67
Tab. 15 <i>Technická data KF Destila SUF 352</i>	68
Tab. 16 <i>Základní dávkování křemelin pro SUF 352</i>	68
Tab. 17 <i>Technická data filtru Bílek filtry, FKS V 5</i>	69
Tab. 18 <i>Základní dávkování křemelin pro FKS V 5</i>	69
Tab. 19 <i>Technická data Handtmann, MMS 070/ manuell</i>	70
Tab. 20 <i>Průběh filtrace 12 %, vzorek 1B</i>	73
Tab. 21 <i>Průběh filtrace 12 %, vzorek 1C</i>	73
Tab. 22 <i>Průběh filtrace 11 %, vzorek 2B</i>	74
Tab. 23 <i>Průběh filtrace 11 %, vzorek 2C</i>	74
Tab. 24 <i>Průběh filtrace 11 %, vzorek 3B</i>	75
Tab. 25 <i>Průběh filtrace 11 %, vzorek 3C</i>	75
Tab. 26 <i>Průběh filtrace 10 %, vzorek 4B</i>	76
Tab. 27 <i>Průběh filtrace 10 %, vzorek 4C</i>	76
Tab. 28 <i>Průběh filtrace 10 %, vzorek 5C</i>	77
Tab. 29 <i>Průběh filtrace 12 %, vzorek 6C</i>	77
Tab. 30 <i>Průběh filtrace 14 %, vzorek 7B</i>	78
Tab. 31 <i>Průběh filtrace 14 %, vzorek 7C</i>	78

Tab. 32 Průběh filtrace 14 %, vzorek 8B.....	79
Tab. 33 Průběh filtrace 14 %, vzorek 8C.....	79
Tab. 34 Průběh filtrací na MMS.....	80
Tab. 35 Porovnání průměrných rychlostí sledovaných filtrací na SUF 352	80
Tab. 36 Porovnání průměrných rychlostí sledovaných filtrací na FKS V 5.....	81
Tab. 37 Porovnání průměrných rychlostí sledovaných filtrací na MMS.....	81
Tab. 38 Porovnání průměrné spotřeby křemeliny filtrací na SUF 352 a FKS V 5.....	82

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Technická data Alkolyzer Plus Beer

Příloha P II: Specifikace používaných křemelin

Příloha P III: Diagram nastavení výkonu dávkovacího čerpadla

Příloha P IV: Vkládání filtračních těles u MMS

PŘÍLOHA P I: TECHNICKÁ DATA ALKOLYZER PLUS BEER

Rozsah měření

Alkohol	0 až 12 % obj.
Původní extrakt	0 až 30 °Plato
Extrakt	0 až 20 % hm.
Hustota	0 až 3 g/cm ³
Barva (volitelně)	0 až 120 EBC
ph (volitelně)	0 až 14

Opakovatelnost s.d.

Alkohol	0.01 % obj.
Původní extrakt	0.03 °Plato
Extrakt	0.01 % hm.
Hustota	0.00001 g/cm ³ (DMA 4500 M) / 0.000001 g/cm ³ (DMA 5000 M)
Barva (volitelně)	0.1 EBC
ph (volitelně)	0.02

Ostatní parametry

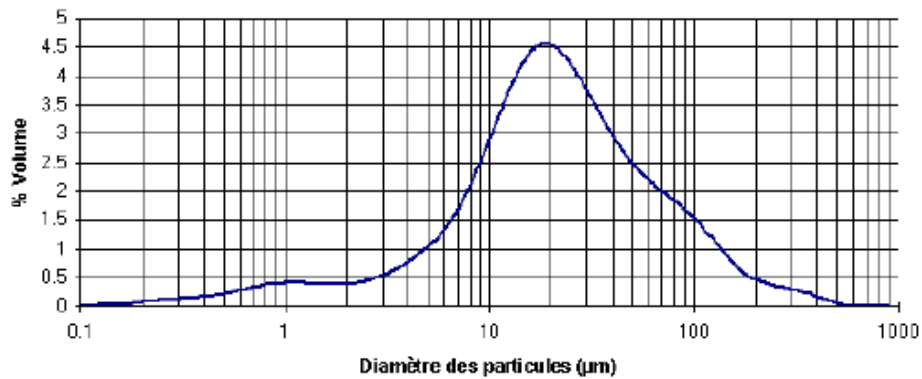
Řízení teploty	integrovaný peltier termostat
Minimální množství vzorku	30 ml odplyněného piva na jedno stanovení
Typická doba měření	4 minuty (vč. dávkování)
Rozměry (d x š x vH)	482 x 730 x 446 mm
Hmotnost	cca 35.7 kg
Napájení supply	AC 100 až 240 V; 50 až 60 Hz; 50 až 80 VA
Rozhraní	4 x USB, ethernet, VGA, CAN, RS-232

PŘÍLOHA P II: SPECIFIKACE POUŽÍVANÝCH KŘEMELIN

Křemelina	Popis obalu	Dělení dle hrubosti	Průtočnost [l. min ⁻¹ . m ⁻²]
DICB	modrý	hrubá	390 - 500
DIFBO	modrý	hrubá	420 - 460
CBR3	zelený	střední	230 - 300
CBL	červený	jemná	50 - 70

 Data sheet			
CLARCEL DIFBO			
> NATURE OF PRODUCT			
CLARCEL DIF/BO filter aid is obtained by the means of calcination / activation of purified diatomites, with a fusible alkali. The CLARCEL DIF/BO is white in colour..			
> APPLICATIONS			
CLARCEL DIF/BO is aimed at separation of solids from liquids through first precoat, as a mechanical protection of filtration septum. - Beverages Filtration : Beer, Fruit juice, Cider, Wine, ...			
> SPECIFICATIONS			
Method	Control	Value	Unit
009001	PERMEABILITY	0.90 - 1.30	DARCY
009002	CAKE DENSITY	<= 0.395	G/CM3
009004	RETAINED ON 80 µM	<= 16	%
> TYPICAL CHARACTERISTICS (1)			
Method	Control	Value	Unit
009007	RETAINED ON 500 µM	<= 0.1	%
009017	LOSS ON IGNITION	<= 0.5	%
009018	MOISTURE	<= 0.5	%
009025	PH	10	
PACKAGING			
PALLET 21 BAGS OF 25 KG 25 KG NET PAPER BAGS PALLET 36 BAGS OF 25 KG			
CLARCEL can be stored over a 2 years period, from delivery date, if maintained in its original packing, in a dry warehouse, free of volatile matter.			
(1) The given values are indicative			REVISION November 2007 issue 2
 ARKEMA GROUP		89 Boulevard National - 92257 La Garenne-Colombes Cedex - France www.cecachemicals.com	Page 1/3

ANALYSES TYPES PRODUIT FINI

 CLARCEL DIFBO
 Distribution Granulométrique du CLARCEL DIFBO


Analyse effectuée sur l'échantillon moyen annuel de 2005

**Distribution
granulométrique (% volume)**

> 1 µ	97	%
> 5 µ	88.5	%
> 10 µ	76.5	%
> 20 µ	49.7	%
> 35 µ	28.5	%
> 50 µ	20.3	%
> 75 µ	11.9	%
> 100 µ	7.7	%
> 200 µ	2.1	%
> 350 µ	0.5	%
> 500 µ	0	%

Analyse Chimique type

SiO ₂	86.8	%
Al ₂ O ₃	3.4	%
Fe ₂ O ₃	2.28	%
TiO ₂	0.58	%
CaO	1.26	%
MgO	0.34	%
K ₂ O	0.24	%
Na ₂ O	4.67	%
P ₂ O ₅	0.37	%
SO ₃	0.16	%

Les informations portées sur ce document sont données à titre indicatif.
Elles ne constituent en aucun cas des spécifications

CLARCEL CBL

> NATURE OF PRODUCT

CLARCEL CBL filter aid is obtained by the means of calcination of purified diatomites. It appears as a pinkish beige product.

> APPLICATIONS

CLARCEL CBL is aimed at separation of solids from liquids through fine filtration, leading to the retention of micronic particles.

- Clarification of beverages : Beer, Fruit juice, Cider, Wine, ...
- Clarification of chemical and pharmaceutical products

> SPECIFICATIONS

Method	Control	Value	Unit
009001	PERMEABILITY	0.045 - 0.110	DARCY
009002	CAKE DENSITY	↔ 0.400	G/CM3
009003	RETAINED ON 50 µM	↔ 12	%

> TYPICAL CHARACTERISTICS ⁽¹⁾

Method	Control	Value	Unit
009007	RETAINED ON 500 µM	0.1	%
009017	LOSS ON IGNITION	0.5	%
009018	MOISTURE	0.5	%
009025	PH	6	

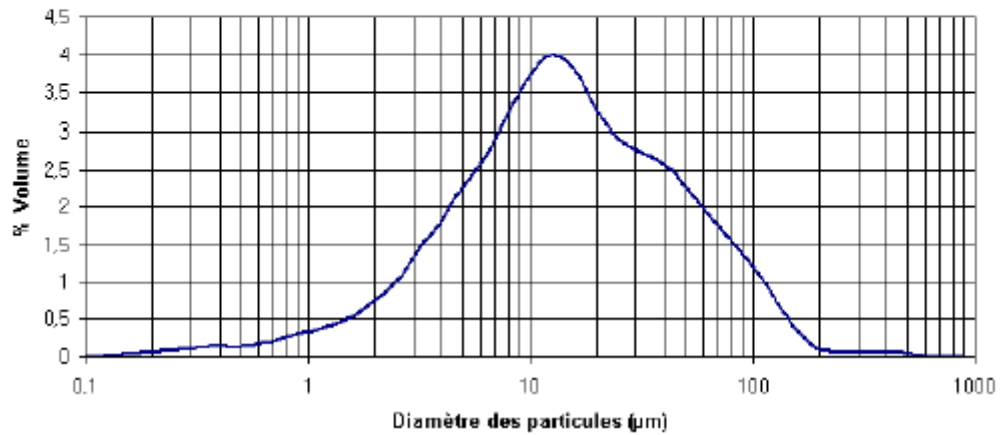
PACKAGING

BIG BAG 500 KG
 PALLET 36 BAG OF 20 KG
 20 KG NET PAPER BAGS
 PALLET 24 BAGS OF 20 KG

CLARCEL can be stored over a 2 years period, from delivery date, if maintained in its original packing, in a dry warehouse, free of volatile matter.

⁽¹⁾ The given values are indicative

ANALYSES TYPES PRODUIT FINI
CLARCEL CBL
 Distribution Granulométrique du CLARCEL CBL



Analyse effectuée sur l'échantillon moyen annuel de 2005

Distribution
granulométrique (% volume)

> 1 µ	97.9	%
> 5 µ	80.4	%
> 10 µ	61.8	%
> 20 µ	37.4	%
> 35 µ	21.8	%
> 50 µ	14.5	%
> 75 µ	7.1	%
> 100 µ	3.7	%
> 200 µ	0.4	%
> 350 µ	0.1	%
> 500 µ	0	%

Analyse Chimique type

SiO ₂	88.3	%
Al ₂ O ₃	4.18	%
Fe ₂ O ₃	2.7	%
TiO ₂	0.72	%
CaO	1.34	%
MgO	0.48	%
K ₂ O	0.24	%
Na ₂ O	0.01	%
F ₂ O ₅	0.41	%
SO ₃	0.06	%

CLARCEL CBR3

> NATURE OF PRODUCT

CLARCEL CBR3 filter aid is obtained by the means of calcination of purified diatomites. It appears as a pinkish beige product.

> APPLICATIONS

CLARCEL CBR3 is aimed at separation of solids from liquids through fine filtration, leading to the retention of micronic particles.

- Clarification of beverages : Beer, Fruit juice, Cider, Wine, ...
- Clarification of chemical and pharmaceutical products

> SPECIFICATIONS

Method	Control	Value	Unit
009001	PERMEABILITY	0.160 - 0.450	DARCY
009002	CAKE DENSITY	<= 0.410	G/CM3
009003	RETAINED ON 50 µM	<= 20	%

> TYPICAL CHARACTERISTICS ⁽¹⁾

Method	Control	Value	Unit
009007	RETAINED ON 500 µM	0.1	%
009017	LOSS ON IGNITION	0.5	%
009018	MOISTURE	0.5	%
009025	PH	6	

PACKAGING

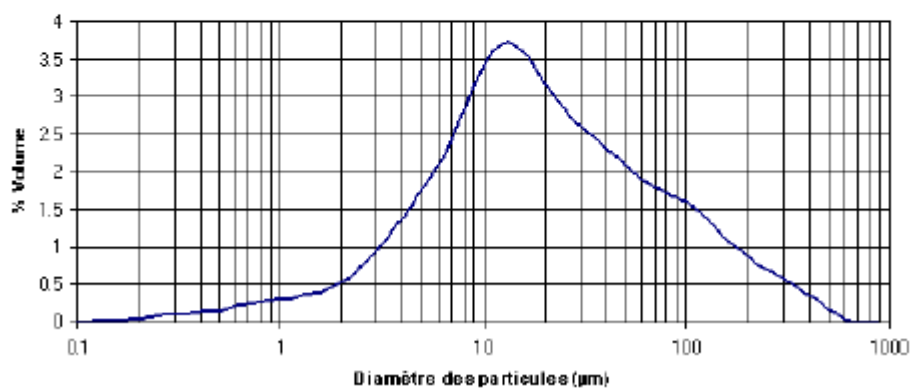
PALLET 39 BAGS OF 20 KG
 20 KG NET PAPER BAGS
 BIG BAG 600 KG
 PALLET 27 BAGS OF 20 KG

CLARCEL can be stored over a 2 years period, from delivery date, if maintained in its original packing, in a dry warehouse, free of volatile matter.

⁽¹⁾ The given values are indicative

REVISION November 2007 Issue 2

ANALYSES TYPES PRODUIT FINI

CLARCEL CBR3
 Distribution Granulométrique du CLARCEL CBR3


Analyse effectuée sur l'échantillon moyen annuel de 2005

**Distribution
granulométrique (% volume)**

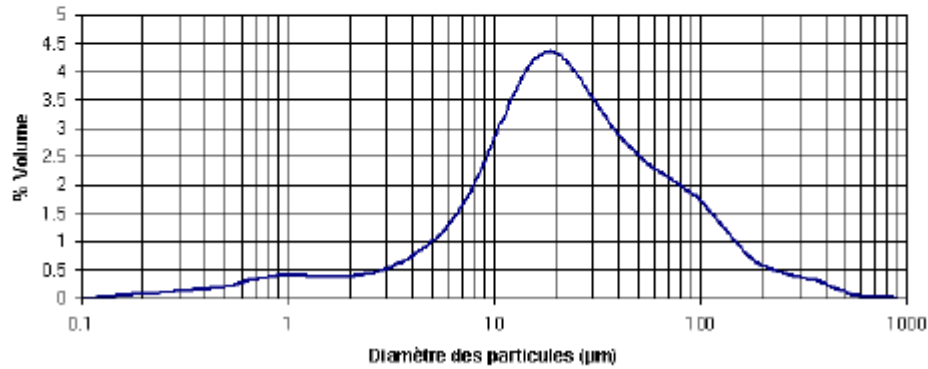
> 1 µ	97.7	%
> 5 µ	84.5	%
> 10 µ	68.3	%
> 20 µ	45.3	%
> 35 µ	30.4	%
> 50 µ	23.7	%
> 75 µ	16.3	%
> 100 µ	12.2	%
> 200 µ	4.4	%
> 350 µ	1.2	%
> 500 µ	0.2	%

Analyse Chimique type

SiO ₂	88.6	%
Al ₂ O ₃	4.32	%
Fe ₂ O ₃	2.71	%
TiO ₂	0.76	%
CaO	1.77	%
MgO	0.48	%
K ₂ O	0.27	%
Na ₂ O	0.01	%
P ₂ O ₅	0.5	%
SO ₃	0	%

Les informations portées sur ce document sont données à titre indicatif.
Elles ne constituent en aucun cas des spécifications

ANALYSES TYPES PRODUIT FINI

CLARCEL DICB
 Distribution Granulométrique du CLARCEL DICB


Analyse effectuée sur l'échantillon moyen annuel de 2005

**Distribution
granulométrique (% volume)**

> 1 µ	97	%
> 5 µ	88.7	%
> 10 µ	77.1	%
> 20 µ	51.3	%
> 35 µ	31.1	%
> 50 µ	23	%
> 75 µ	14.2	%
> 100 µ	9.6	%
> 200 µ	3	%
> 350 µ	0.9	%
> 500 µ	0.2	%

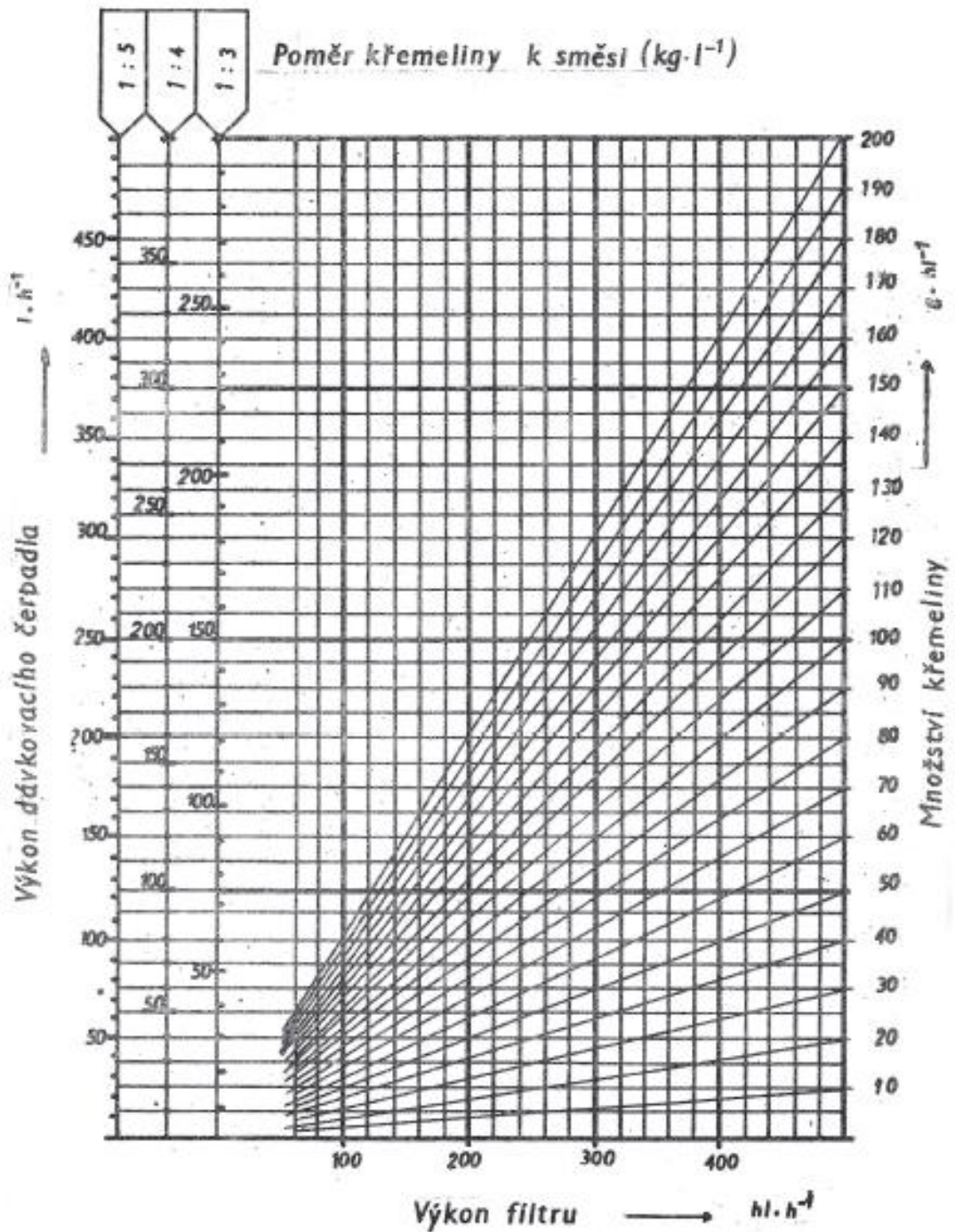
Analyse Chimique type

SiO ₂	86.8	%
Al ₂ O ₃	3.4	%
Fe ₂ O ₃	2.28	%
TiO ₂	0.58	%
CaO	1.26	%
MgO	0.34	%
K ₂ O	0.24	%
Na ₂ O	4.67	%
P ₂ O ₅	0.37	%
SO ₃	0.16	%

Les informations portées sur ce document sont données à titre indicatif.
Elles ne constituent en aucun cas des spécifications

PŘÍLOHA P III: DIAGRAM NASTAVENÍ VÝKONU DÁVKOVACÍHO ČERPADLA

DIAGRAM NASTAVENÍ VÝKONU DÁVKOVACÍHO ČERPADLA



PŘÍLOHA P IV: VKLÁDÁNÍ FILTRAČNÍCH TĚLES U MMS

Série obrazů: základní kroky při vkládání filtračních těles



1) Potřebné díly pro montáž MMS



2) Podkladová deska prázdná*



3) Navlékněte těsnicí šňůru na podkladovou desku



4) Vložte černou látku do podkladové desky



5) Položte střední těsnění na filtrační těleso



6) Vložte filtrační těleso do podkladové desky

Návod k obsluze MMS ruční
5 Obsluha



7) Filtrační těleso ve filtru



8) Položte černou látku na vložku



9) Navlékněte vnitřní těsnění na přírubu vložky
a pevně přitlačte, aby byla černá látka upnutá



10) Namontujte vložku do filtru
Odtud se opakují kroky počínaje bodem
2)